



**SKRIPSI-SK141501**

**PEMANFAATAN AMPAS SINGKONG  
SEBAGAI ADSORBEN *REMAZOL*  
*BRILLIANT BLUE R* (RBBR)**

**ASRI WAJARWATI KHAIR WAHYUNINGSIH  
NRP 01211340000041**

**Pembimbing I  
Dra. Ita Ulfan, M.Si**

**Pembimbing II  
Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D**

**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS ILMU ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**SCRIPT-SK141501**

**UTILIZATION OF CASSAVA DREGS AS  
ADSORBENT *REMAZOL BRILLIANT BLUE R*  
(RBBR)**

**ASRI WAJARWATI KHAIR WAHYUNINGSIH  
NRP 01211340000041**

**Supervisor I  
Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**Supervisor II  
Suprpto, S Si., M.Si., Ph.D**

**DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
FACULTY OF NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

**PEMANFAATAN AMPAS SINGKONG SEBAGAI  
ADSORBEN REMAZOL BRILLIANT BLUE R (RBBR)**

**SKRIPSI**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Program Studi S-1  
Departemen Kimia  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Disusun Oleh:

**ASRI WAJARWATI KHAIR WAHYUNINGSIH**  
**NRP 01211340000041**

**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS ILMU ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMANFAATAN AMPAS SINGKONG SEBAGAI ADSORBEN REMAZOL BRILLIANT BLUE R (RBBR)

#### SKRIPSI

Disusun Oleh

**ASRI WAJARWATI KHAIR WAHYUNINGSIH**  
**NRP 01211340000041**

Surabaya, 25 April 2018

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**Dra. Ita Ulfan, M.Si**

**NIP. 19650426 198903 2 002**

Dosen Pembimbing II



**Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D**

**NIP. 19720919 199802 1 002**



Mengetahui :  
Kepala Departemen,



**Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc.**

**NIP. 19710616 199703 1 002**

## **PEMANFAATAN AMPAS SINGKONG SEBAGAI ADSORBEN *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* (RBBR)**

**Nama** : Asri Wajarwati Khair W  
**NRP** : 01211340000041  
**Departemen** : Kimia FIA - ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Dra. Ita Ulfin, M.Si  
**Dosen Pembimbing II** : Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D

### **Abstrak**

Pemanfaatan ampas singkong sebagai adsorben untuk *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode *batch* pada variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa ampas singkong dapat digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) dengan kapasitas maksimalnya sebesar 97,884 mg/g pada konsentrasi 5000 mg/L dan persentase adsorpsi maksimal sebesar 87,413 % pada pH 2 dan waktu kontak 45 menit. Sementara Adsorben ampas singkong untuk adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu dengan konstanta laju reaksinya sebesar 3,993 g/mg.menit dan isothermal Freundlich dengan nilai regresi 0,9847,  $K_F$  sebesar 2,619 L/mg dan nilai  $n$  sebesar 1,506. Sehingga adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) menggunakan adsorben dari ampas singkong terjadi secara fisisorpsi.

**Kata kunci** : Adsorpsi, Ampas Singkong, *Remazol Brilliant Blue R*

## UTILIZATION OF CASSAVA RESIDUE AS ADSORBENT FOR *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* (RBBR)

Name : Asri Wajarwati Khair W  
NRP : 01211340000041  
Department : Chemistry, Faculty of Natural  
Science-ITS  
Supervisor I : Dra. Ita Ulfan, M.Si  
Supervisor II : Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D

### Abstract

Utilization of cassava dregs as adsorbent for the adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) has been investigated. This research using batch method at various pH, contact time, concentration of adsorbate. Based on this research, cassava dregs can be used as adsorbent for the adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) with maximum capacity of 97,884 mg/g at concentration of 5000 mg/L and percentage of adsorption of 87,413 at pH 2 and the contact time of 45 minutes respectively. Cassava dregs adsorbent for the adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) follow pseudo-second-order adsorption kinetics model with rate constant of 3,993 g/mg.minutes and model Freundlich adsorption isotherm regression,  $K_F$  and  $n$  value were 0,9847 ; 2,619 L/mg and 1,506 respectively. So the adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) by adsorbent cassava dregs was physisorption.

**Keyword : Adsorption, Cassava Dregs, *Remazol Brilliant Blue R***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, hidayah, karunia dan rezeki-Nya sehingga naskah Tugas Akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Ampas Singkong Sebagai Adsorben Remazol Brilliant Blue R (RBBR)”** dapat terselesaikan. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa doa, bantuan, dukungan dan semangat dari semua pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dra. Ita Ulfin, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing II atas arahan, bimbingan, dan segala fasilitas pendukung selama penelitian di ITS Surabaya hingga terselesaikannya penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc selaku Ketua Departemen Kimia atas fasilitas yang telah diberikan.
3. Dra. Ita Ulfin, M.Si selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Metode Analisis atas fasilitas laboratorium yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
4. Dr. Fahimah Martak, M.Si selaku dosen wali atas petunjuk dan arahannya.
5. Bapak, Ibu, Saudara-Saudariku, teman baikku Ira dan Isfi yang selalu memberi doa, semangat dan motivasi.
6. Teman-teman Laboratorium ISA, Anorthite, PPM Khoirul Huda 1 Surabaya dan semua pihak yang telah membantu dan tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 29 Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I    PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Ampas Singkong.....	5
2.2    Selulosa .....	6
2.3    Adsorpsi.....	7
2.3.1    Pengertian Adsorpsi.....	7
2.3.2    Jenis Adsorpsi.....	9
2.3.3    Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	10
2.4    Metode <i>Batch</i> .....	12
2.5    Kinetika Adsorpsi .....	13
2.6    Isoterm Adsorpsi.....	14
2.6.1    Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	15



2.6.2	Isoterm Adsorpsi Freundlich .....	16
2.7	<i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	16
2.8	Metode Gravimetri.....	18
2.9	Penentuan Luas Permukaan Adsorben Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru.....	19
2.10	Spektrofotometer UV-Vis.....	19
2.11	Spektrofotometri FTIR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> )....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Alat dan Bahan.....	25
3.1.1	Alat .....	25
3.1.2	Bahan.....	25
3.2	Prosedur Penelitian .....	25
3.2.1	Pembuatan Adsorben dari Ampas Singkong .....	25
3.2.2	Analisa Adsorben dari Ampas Singkong .....	26
3.2.3	Pembuatan Adsorbat.....	26
3.2.4	Percobaan Adsorpsi Dengan Metode <i>Batch</i> .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Karakterisasi Ampas Singkong .....	29
4.1.1	Preparasi Adsorben.....	29
4.1.2	Analisa Kadar Air Pada Adsorben .....	30
4.1.3	Analisa Luas Pemukaan Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru .....	30
4.1.4	Analisa Gugus Fungsi menggunakan FTIR .....	32
4.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	35
4.3	Proses Adsorpsi Pada <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	37
4.3.1	Variasi pH Adsorbat.....	37
4.3.2	Variasi Waktu Kontak .....	38

4.3.3 Variasi Konsentrasi Adsorbat.....	40
4.4 Kinetika Adsorpsi.....	41
4.5 Isoterm Adsorpsi.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN A.....	57
LAMPIRAN B .....	58
LAMPIRAN C .....	60
LAMPIRAN D.....	68
LAMPIRAN E.....	72
LAMPIRAN F.....	82
LAMPIRAN G.....	90
BIODATA PENULIS .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ampas singkong yang telah kering.....	5
Gambar 2.2	Struktur molekul selulosa.....	7
Gambar 2.3	Fenomena adsorpsi.....	8
Gambar 2.4	Struktur kimia zat warna <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	18
Gambar 2.5	Susunan alat spektrofotometer UV-Vis...	21
Gambar 2.6	Penampakan bagian-bagian dalam spektrofotometer FTIR.....	23
Gambar 4.1	Adsorben ampas singkong ukuran mesh 120.....	29
Gambar 4.2	Panjang gelombang maksimum pada metilen biru.....	31
Gambar 4.3	Spektra FTIR adsorben ampas singkong sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi pada <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	33
Gambar 4.4	Hasil spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum pada larutan <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	35
Gambar 4.5	Kurva kalibrasi dari larutan standar <i>Remazol Brilliant Blue R</i> .....	36
Gambar 4.6	Hubungan antara pH adsorbat dengan persentase adsorpsi RBBR.....	37
Gambar 4.7	Hubungan antara waktu kontak dengan persentase adsorpsi RBBR.....	39
Gambar 4.8	Hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan kapasitas adsorpsi RBBR pada pH 1 dan waktu kontak 45 menit.....	40
Gambar 4.9	Hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan persentase adsorpsi RBBR pada pH 1 dan waktu kontak 45 menit.....	41
Gambar 4.10	Grafik kinetika adsorpsi orde satu pada adsorpsi RBBR.....	42

Gambar 4.11	Grafik kinetika adsorpsi orde dua pada adsorpsi RBBR.....	43
Gambar 4.12	Grafik kinetika adsorpsi orde satu semu pada adsorpsi RBBR.....	43
Gambar 4.13	Grafik kinetika adsorpsi orde dua semu pada adsorpsi RBBR.....	44
Gambar 4.14	Grafik isoterm Langmuir pada adsorpsi RBBR.....	46
Gambar 4.15	Grafik isoterm Freundlich pada adsorpsi RBBR.....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi.....	10
Tabel 2.2	Persamaan dan plot grafik tiap tipe kinetika adsorpsi.....	14
Tabel 2.3	Daftar warna yang diserap dan dipantulkan oleh spektrum UV-Vis pada panjang gelombang tertentu.....	20
Tabel 4.1	Hasil FTIR adsorben ampas singkong sebelum dan setelah dilakukan adsorpsi.....	33
Tabel 4.2	Tabel nilai regresi dan konstanta kinetika adsorpsi RBBR.....	44
Tabel 4.3	Hasil perhitungan isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A .....	57
Lampiran B .....	58
Lampiran C .....	60
Lampiran D .....	68
Lampiran E.....	72
Lampiran F.....	82
Lampiran G .....	90

*Karya ini kupersembahkan untuk  
Bapak, Ibu, Mbak Inke, Dek Rizki dan Dek Farid  
Keluarga Besar PPMKH 1 Surabaya  
Dosen Pembimbing  
Serta Teman-Teman Jurusan Kimia ITS*





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, sektor industri juga berkembang dengan pesat. Adanya perkembangan industri meningkatkan penggunaan zat warna pada berbagai bidang, seperti industri kertas, plastik, tekstil, cat dan industri lainnya yang menggunakan zat warna dalam proses produksinya. Setidaknya ada produksi zat warna dengan total lebih dari  $7 \times 10^5$  ton setiap tahun. Dimana dari 40.000 zat warna terkandung kurang lebih 7000 struktur kimia yang berbeda dan sekitar 10% dibuang sebagai limbah (Ada et al., 2009).

Dalam sepuluh tahun terakhir, penggunaan zat warna terutama zat warna reaktif mengalami peningkatan, hal ini karena adanya pengembangan dalam pemanfaatan serat selulosa ada industri tekstil. Akan tetapi penggunaan zat warna reaktif ini menyebabkan pencemaran yang tinggi dimana walaupun konsentrasi limbahnya masih dalam batas normal, limbah zat warna ini juga memberikan warna bahkan dalam konsentrasi yang sedikit (Khan et al., 2015). *Remazol Brilliant Blue R* merupakan salah satu zat warna yang tergolong zat warna reaktif. Adanya gugus kromofor pada *Remazol Brilliant Blue R*, mengakibatkan zat warna ini mampu memberikan warna yang cerah dalam serat kain dan tidak mudah luntur, sehingga banyak digunakan dalam industri tekstil (Hidayati et al., 2016).

Pencemaran air adalah salah satu masalah yang ditimbulkan oleh limbah industri akibat penggunaan zat warna, terutama *Remazol Brilliant Blue R* ini. Di dalam zat warna *Remazol Brilliant Blue* terdapat gugus yang mengandung ikatan  $\text{C=O}$  dan  $\text{C=C}$  yang menyebabkannya sulit terdegradasi. Sehingga apabila tercemar, zat warna ini dapat membahayakan kesehatan dan menyebabkan beberapa masalah kesehatan seperti iritasi mata, kulit, pernafasan, pencernaan bahkan merangsang tumbuhnya kanker (Shrinivasan et al., 2010). Beberapa metode telah dikembangkan dengan upaya mengurangi kadar zat warna *Remazol Brilliant Blue R* diantaranya metode koagulasi, ozonasi,

ultrafiltrasi, pertukaran ion, fitoremediasi, flokulasi, metode secara biologi serta teknik adsorpsi. Adsorpsi merupakan teknik yang paling banyak dikembangkan, hal ini karena metode ini lebih efektif dan ekonomis (Dagdelen, 2013).

Singkong merupakan salah satu bahan makanan penduduk Indonesia, dimana sebagian besar singkong diolah sebagai bahan baku pembuatan tapioka oleh *home* industri maupun industri skala besar. Adanya pengolahan tapioka ini, menghasilkan limbah baik berupa limbah cair maupun padat. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009), setiap 1 kg bahan baku singkong menggunakan air sebanyak 5-6 liter dan menghasilkan 40-60% limbah padat. Pada industri skala besar dengan total produksi 700 ton singkong per hari dapat menghasilkan tapioka sebanyak 140 ton dan ampas singkong sejumlah 175 ton per hari. Ampas singkong biasanya dijadikan bahan baku dalam berbagai jenis industri seperti pembuatan alkohol, etanol, bahan baku lem, sebagai pembuatan bahan pakan ternak dan dapat digunakan sebagai media tanam jamur.

Berdasarkan penelitian Han et al., (2008), lignoselulosa dari biomassa dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan adsorbent untuk adsorpsi zat warna. Lignoselulosa ini umumnya mengandung polimer selulosa, hemiselulosa, dan lignin dimana selulosa memiliki gugus hidroksil (-OH) yang menyebabkan adsorben dapat bersifat polar dan mengadsorp zat yang sifatnya kurang polar (Lopicic et al., 2016). Lignoselulosa ini banyak ditemukan pada biomassa yang banyak mengandung lignin dan selulosa, termasuk ampas singkong. Dimana ampas singkong yang melimpah dan kurang bermanfaat ini masih mengandung sekitar 40% pati dan 11% selulosa. Sisanya terdiri dari hemiselulosa, lignin, air, protein, lemak dan kadar abu ( Xie et al, 2017).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Li et al., (2014) menggunakan ampas singkong untuk adsorpsi zat warna merah kongo (*congo red*), dimana hasil penelitian tersebut mendapatkan kapasitas adsorpsi maksimal sebesar 59,2 mg/g. Xie et al., (2014) juga menggunakan ampas singkong untuk adsorpsi Cu (II) dan memperoleh kapasitas adsorpsi maksimalnya sebesar 110,5 mg/g

dalam waktu 6 jam. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Alrozi et al., (2012), selulosa yang terdapat pada kulit rambutan juga dimanfaatkan sebagai adsorben *Remazol Brilliant Blue R*. Penelitian tersebut memperoleh kapasitas adsorpsi maksimalnya sebesar 112,609 mg/g. Pada penelitian lain yang juga memanfaatkan limbah lignoselulosa dilakukan oleh Mafra et al., (2013), dimana penelitian ini menggunakan kulit jeruk sebagai adsorben untuk zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dan memperoleh kapasitas adsorpsi maksimalnya sebesar 11,62 mg/g.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan ampas singkong sebagai adsorben dalam menurunkan kadar zat warna pada *Remazol Brilliant Blue R* dengan menggunakan metode *batch*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai optimum pada adsorpsi zat warna dengan parameter pH, waktu kontak, dan konsentrasi adsorbat, serta dilakukan penentuan jenis adsorpsi menggunakan metode isoterm adsorpsi yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penggunaan zat warna pada industri menyebabkan berbagai masalah terutama masalah kesehatan dan masalah lingkungan. Salah satu zat warna tersebut adalah *Remazol Brilliant Blue R*. Zat warna yang reaktif ini banyak digunakan dalam industri tekstil akan tetapi pewarna ini tergolong sulit didegradasi dan apabila tercemar dapat menyebabkan iritasi mata, kulit, saluran pernapasan dan kanker.

## **1.3 Batasan Masalah**

Produksi tapioka di Indonesia yang melimpah, memberikan limbah berupa ampas singkong dalam jumlah besar. Oleh karena itu diperlukan adanya metode pengolahan limbah ini, salah satunya adalah pembuatan adsorben dari ampas singkong untuk adsorpsi. Penelitian ini diharapkan mampu memanfaatkan ampas singkong sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R*.

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah digunakannya konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R*

sebesar 200 mg/L sebanyak 20 mL dan penggunaan adsorben limbah tapioka (ampas singkong) sebanyak 0,2 gram, penggunaan variasi pH adsorbat berupa larutan *Remazol Brilliant Blue R* dengan pH 1-10 dan variasi waktu kontak sebesar 10, 20, 30, 45, 60 dan 90 menit, dan variasi konsentrasi 1000 hingga 5000 mg/L.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja ampas singkong untuk penurunan konsentrasi zat warna *Remazol Brilliant Blue R*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan ampas singkong yang melimpah sebagai salah satu alternatif adsorben untuk adsorpsi zat warna terutama zat warna limbah industri tekstil.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ampas Singkong**

Singkong (ubi kayu) merupakan salah satu bahan makanan penduduk Indonesia, dimana sebagian besar singkong diolah untuk pembuatan tapioka. Selain menghasilkan tepung, produksi tapioka juga menghasilkan limbah berupa limbah padat dan limbah cair. Setiap 700 ton singkong akan menghasilkan tapioka kira-kira 140 ton dan limbah padat 175 ton per hari. Sementara limbah cair yang dihasilkan setiap tonnya mencapai 14 – 18 m<sup>3</sup> (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009).



Gambar 2.1 Ampas singkong yang telah kering

Ampas singkong merupakan hasil pemisahan sari pati dengan ampasnya melalui proses penyaringan dan pengepresan. Ampas singkong yang masih mengandung serat dan pati ini biasanya dimanfaatkan sebagai sebagai bahan pembuatan pakan ternak, bahan baku pembuatan obat nyamuk bakar, bahan baku pembuatan lem dan bahan pembuatan bioetanol. Ampas singkong yang telah kering dapat dilihat pada Gambar 2.1. Menurut Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi Indonesia ampas singkong

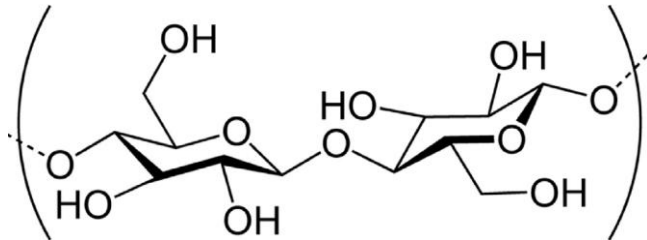
kering mengandung karbohidrat sebesar 68%, protein 1,57%, lemak 0,26%, serat kasar 10% dan kadar air 20% (Winarno dkk., 1988).

Kandungan dalam ampas singkong tersebut dapat berbeda-beda jumlahnya, hal ini dipengaruhi oleh daerah tempat tumbuh, jenis ubi kayu, dan teknologi pengolahan yang digunakan dalam pengolahan ubi kayu menjadi tapioka. Dalam industri tapioka yang sudah maju, ampas singkong yang dihasilkan kebanyakan hanya mengandung serat dan sisa pati yang sangat sedikit, sementara limbah yang dikeluarkan oleh industri kecil karena teknik pengolahannya masih sederhana, maka ampas singkong yang dihasilkan masih mengandung pati dengan konsentrasi yang cukup tinggi (Chardialani, 2008).

Sementara berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dewi (2017), dalam 175 gram ampas singkong masih mengandung sekitar 45,4 % pati, 10,5 % selulosa, 30,9 % hemiselulosa dan 2,1 % lignin, dimana gugus hidroksil dalam selulosa mampu berinteraksi dengan zat yang diadsorpsi sehingga adsorben dapat bersifat polar dan dapat menyerap zat yang sifatnya kurang polar (Mandasari, 2016).

## **2.2 Selulosa**

Selulosa merupakan homopolisakarida rantai lurus unit glukosa penyusun dinding sel tumbuhan yang mempunyai berat molekul yang tinggi yaitu sekitar 2000-3000 glukosa. Selulosa mempunyai rumus empirik  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan  $n$  sekitar 1500 dan berat molekul sekitar 243.000. Selulosa memiliki bentuk seperti serabut dan tidak larut dalam air. Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranosida atau anhidroglukopiranosida yang saling berikatan dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosida dan membentuk suatu rantai makromolekul yang tidak bercabang. Hal inilah yang membuatnya bersifat kristalin dan tidak mudah larut sehingga tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Semakin panjang ikatan selulosa, maka seratnya lebih kuat menahan pengaruh bahan kimia, cahaya dan mikroorganisme. (Nevell et al., 1985). Gambar struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Struktur molekul selulosa (Hokkanen, 2016)

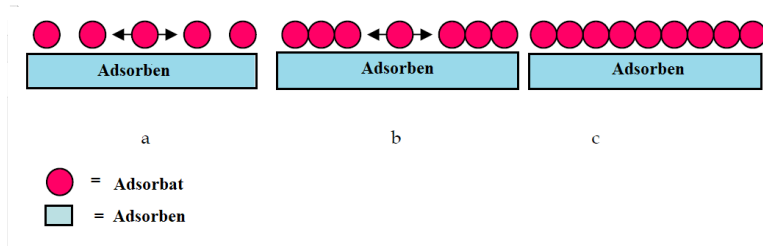
Selulosa merupakan polimer yang banyak ditemukan di alam, yang mana terproduksi sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Selulosa paling banyak ditemukan dalam dinding sel tanaman berkayu yang berkombinasi dengan lignin dan polisakarida lain yaitu hemiselulosa dan katun yang merupakan selulosa yang hampir murni. Kebanyakan selulosa berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut sebagai lignoselulosa (Klemm, 1998, Lehninger, `1982). Selulosa dapat berasal dari berbagai macam sumber, diantaranya tanaman berkayu, mikroba dan juga hewan (Hokkanen, 2016).

## 2.3 Adsorpsi

### 2.3.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses terjerapnya suatu zat baik dalam bentuk gas, cair maupun larutan pada permukaan suatu adsorben, baik dalam bentuk molekul maupun ion. Hal ini dikarenakan adanya gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi antara adsorben dengan adsorbatnya mengakibatkan perubahan sifat pada adsorbatnya (Nurhasni, 2014). Adsorpsi bersifat selektif, yang artinya zat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben hanya salah satu jenis zat, pelarut saja atau zat yang terlarut. Apabila terdapat lebih dari satu zat, maka yang terserap adalah yang lebih kuat daripada zat yang lainnya. Proses adsorpsi dapat terjadi apabila suatu larutan sudah mengalami kesetimbangan antara gas atau cairan dalam proses adsorpsi dengan permukaan padatan (Jankwoska dkk, 1991).

Metode adsorpsi telah banyak digunakan dalam berbagai hal, diantaranya digunakan sebagai penyimpan gas, penyerap debu dalam skala besar, pengatur dalam distribusi obat, pelindung organ pernapasan, pemisahan, katalis atau *support* katalis dan pemurnian cairan (Rouquerol et al., 2014).



Gambar 2.3 Fenomena adsorpsi (Al-Anber, 2011).

Keterangan :

1. Tidak ada daya tarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat
2. Terdapat gaya tarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat tetapi kurang kuat
3. Terjadi gaya tarik yang kuat antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat

(Al-Anber, 2011)

Adsorpsi merupakan suatu keadaan dimana partikel gas menetap pada suatu permukaan. Misalnya kontak antara gas atau larutan dengan suatu logam, sehingga akibat kontak yang terjadi suatu logam dapat mengalami perubahan sifat. Zat yang tertarik pada permukaan logam disebut adsorbat, dan yang menarik adsorbat merupakan adsorben. Fenomena adsorpsi antara adsorben dengan adsorbat dapat dilihat pada Gambar 2.3. Adsorpsi dibedakan menjadi dua menurut kekuatan interaksinya yaitu fisisorpsi (adsorpsi fisik) dan kemisorpsi (adsorpsi kimia) (Cash, 2001).



### 2.3.2 Jenis Adsorpsi

Adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis menurut kekuatan interaksinya diantaranya Fisisorpsi (adsorpsi fisika) dan Kemisorpsi (Adsorpsi Kimia).

- Fisisorpsi (Adsorpsi fisika)

Merupakan adsorpsi yang melibatkan energy tarik-menarik yang lemah misalnya adanya gaya *Van Der Waals* antara adsorbat dengan permukaan adsorbennya. Molekul adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben tidak terikat dengan kuat, sehingga mampu bergerak dari permukaan adsorben yang satu ke permukaan adsorben yang lain dan ketika permukaan adsorben sudah tertutup sempurna oleh adsorbat, maka akan terjadi peningkatan tekanan gas dan konsentrasi larutan yang mengakibatkan terbentuk lapisan kedua, ketiga dan seterusnya dari molekul yang teradsorp (Wang dan Peng, 2010).

Proses fisisorpsi selalu bersifat endotermis yaitu dimana karena ikatannya yang lemah mengakibatkan terjadinya pelepasan energi yang bernilai kecil, hanya sekitar 20kJ/mol untuk melakukan pemutusan ikatan. Adsorpsi jenis ini reaksinya berlangsung cepat dan bersifat *reversible* yang artinya dapat dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan (Atkins, 1999 ).

- Kemisorpsi (Adsorpsi Fisika)

Merupakan adsorpsi yang terjadi akibat adanya ikatan-ikatan antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben melalui reaksi kimia. Proses ini melibatkan perpindahan elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Akhirnya reaksi ini akan membentuk ikatan ion atau ikatan kovalen. Kuatnya ikatan yang terjadi menyebabkannya tidak mudah terdesorpsi dan membentuk lapisan *monolayer*. Dimana lapisan yang terbentuk di permukaan adsorben sangat stabil dalam temperatur yang lebih tinggi dari batas titik didih adsorbat (Allen and Koumanova, 2005). Karena mampu stabil dalam temperatur yang tinggi maka panas yang dilepaskan saat adsorpsi juga relatif tinggi daripada fisisorpsi yaitu -40 hingga -1000 kJ/mol dan memungkinkan terjadinya pemutusan dan pembentukan ikatan

yang baru (Atkins, 1999 ). Perbedaan antara fisisorpsi dan kemisorpsi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi

Fisisorpsi	Kemisorpsi
Molekul yang terikat pada permukaan adsorben karena adanya gaya <i>Van Der Waals</i>	Molekul yang terikat pada permukaan adsorben akibat adanya ikatan kimia yang bereaksi
Membentuk lapisan <i>multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Jumlah adsorpsi pada permukaan adsorben adalah fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan adalah karakteristik adsorben dan adsorbat
Adsorpsi hanya akan terjadi pada suhu di bawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada permukaan adsorbat saat suhu tinggi
Entalpi reaksi rendah	Entalpi reaksi tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
laju adsorpsi bersifat <i>reversible</i> dan cepat	Laju adsorpsi bersifat <i>irreversible</i> dan dapat berlangsung cepat maupun lambat.
Tidak bersifat spesifik	Bersifat spesifik

(Hidayati et al., 2016)

### 2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Menurut Benefield (1982) ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi, diantaranya :

a. Karakteristik adsorbat

Umumnya larutan yang bersifat hidrofilik lebih sulit untuk diadsorpsi dibandingkan larutan yang sifatnya hidrofobik dan partikel-partikel adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah yang memiliki diameter lebih kecil atau sama dengan diameter pori

adsorben. Serta kepolaran larutan adsorbat juga akan mempengaruhi proses adsorpsi, dimana molekul yang lebih polar akan mudah teradsorpsi dibanding molekul yang sifatnya kurang polar jika diameter adsorben dan adsorbat sama.

Berdasarkan penentuan konsentrasi adsorbat, adsorpsi dapat menyerap lebih banyak adsorbat apabila konsentrasi adsorbat semakin tinggi. Hal ini sebanding dengan jumlah adsorben yang diberikan. Adsorpsi akan konstan seiring terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat dengan konsentrasi yang tersisa dalam larutan.

Sementara berdasarkan temperatur adsorbatnya, dimana proses adsorpsi berprinsip pada proses kinetik, apabila terjadi perubahan temperatur saat proses adsorpsi akan mempengaruhi kecepatan reaksi yang terjadi. Jika suhu meningkat maka kecepatan reaksi juga mengalami peningkatan, dan sebaliknya jika suhu menurun maka kecepatan reaksi akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan molekul adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben mengalami pembebasan energi, sehingga terjadi peristiwa eksotermis (Amalia, 2015).

Derajat keasaman (pH) turut berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan adanya ion  $H^+$  yang berkompetisi dengan molekul adsorbat yang akan diserap, sehingga efisiensi penyerapan turun. Proses penyerapan akan berjalan dengan baik apabila pH larutan tinggi. Pada adsorbat asam organik adsorpsi akan meningkat pada pH rendah sedangkan basa organik terjadi apabila pada pH tinggi (Jayaswabowo, 2007).

#### b. Karakteristik adsorben

Adsorben mempunyai daya adsorpsi yang tinggi apabila kemurniannya tinggi. Demikian pula luas permukaan adsorben berpengaruh terhadap daya adsorpsi, karena dengan luas permukaan yang meningkat, jumlah molekul adsorbat yang diserap adsorben juga semakin meningkat. Sementara kapasitas

adsorpsi total dipengaruhi oleh luas permukaan total (Wan Ngah et al., 2008).

c. Waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan

Waktu pengadukan mempengaruhi waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat. Sedangkan adsorpsi akan semakin baik apabila pengadukan semakin cepat, hal ini karena kontak dengan adsorbat menjadi lebih sering. Pengadukan ini bertujuan mengurangi waktu pada adsorben untuk dapat berinteraksi dengan adsorbat hingga mencapai kesetimbangan. Selain itu adsorpsi akan semakin baik apabila pengadukan dilakukan dengan cepat karena interaksi antara adsorben dengan adsorbat pun menjadi lebih sering.

## **2.4 Metode *Batch***

Metode *Batch* merupakan salah satu metode sederhana yang dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat. Pada penelitian ini digunakan adsorben berupa ampas singkong dan adsorbatnya larutan *Remazol Brilliant Blue R*. Metode ini lebih efektif dibandingkan menggunakan metode kolom, dikarenakan adanya pengadukan mengakibatkan terkontakannya molekul adsorbat dengan partikel adsorben, sehingga adsorpsi menjadi lebih optimal (Anggraini, 2013).

Studi adsorpsi dengan metode *batch* ini dilakukan dengan mencampurkan larutan dengan konsentrasi dan volume tertentu yang akan diadsorpsi menggunakan adsorben pada berat yang bervariasi. Setelah itu larutan diaduk selama waktu tertentu, hingga mencapai kesetimbangan. Kemudian adsorben dipisahkan dari adsorbatnya dengan pengendapan, disentrifuse dengan selang waktu tertentu, diregenerasi atau endapan dibuang, kemudian filtrat yang diperoleh, dianalisa untuk mengetahui konsentrasi saat kesetimbangan. Konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi diperoleh dari hasil selisih antara konsentrasi mula-mula dan konsentrasi setelah adsorpsi. Sementara kapasitas adsorpsi merupakan banyaknya adsorbat yang teradsorpsi tiap satuan berat adsorben (Sulistiyana, 2011).

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 di bawah ini :

$$q = \frac{Co - Ce}{m} \times V \quad (2.1)$$

Dimana :

$Co$  = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)

$Ce$  = Konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan (mg/L)

$V$  = Volume larutan adsorbat (L)

$m$  = massa adsorben (g)

Persentase adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut ini :

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(Co - Ce)}{Ce} \times 100\% \quad (2.2)$$

(Widiastuti dkk., 2010)

## 2.5 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan laju perpindahan molekul adsorbat ke permukaan adsorben dalam fungsi waktu. Kinetika adsorpsi penting karena dapat mengetahui jalannya reaksi dan mekanisme penyerapan pada adsorpsi sehingga dapat mengontrol waktu adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Apabila kecepatan adsorpsi suatu adsorbat diketahui, diharapkan mampu mengidentifikasi kinetika reaksi antara adsorben dan adsorbat, serta waktu untuk mencapai adsorpsi maksimum sehingga dapat mendesain rancangan pengolahan dalam suatu proses adsorpsi (Corres et al., 2013).

Terdapat empat tipe kinetika adsorpsi yang dapat digunakan dalam mengamati proses adsorpsi diantaranya orde satu, orde dua, orde satu semu, dan orde dua semu. Tabel 2.2 menunjukkan plot grafik dalam membuat grafik kinetika adsorpsi

serta persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai konstanta masing-masing kinetika.

Tabel 2.2 Persamaan dan plot grafik tiap tipe kinetika adsorpsi

Tipe Kinetika	Plot Grafik	
	Sumbu x	Sumbu y
Orde Satu	$\ln q$	$t$
Persamaan linear	$\ln C_t = \ln C_o - kt \quad (2.3)$	
Orde Dua	$\frac{1}{Ct}$	$t$
Persamaan linear	$\frac{1}{Ct} = \frac{1}{C_o} + kt \quad (2.4)$	
Orde Satu Semu	$\log (q_e - qt)$	$t$
Persamaan linear	$\log (q_e - qt) = \log (q_e) - \frac{k}{2,303} t \quad (2.5)$	
Orde Dua Semu	$t/qt$	$t$
Persamaan linear	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2.6)$	

Dimana :

$qt$  = Jumlah adsorbat yang teradsorp pada waktu  $t$  dengan satuan mg/g

$q_e$  = Jumlah adsorbat yang teradsorp pada saat kesetimbangan dengan satuan mg/g

$k$  = konstanta laju adsorpsi dengan satuan g/mg.menit)

(Kurniawati et al., 2013)

## 2.6 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan yang setimbang dan tidak ada perubahan konsentrasi adsorpsi dan prosesnya

terjadi pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi menjelaskan suatu konstanta tertentu yang menggambarkan karakteristik suatu permukaan, afinitas adsorben dan kapasitas adsorpsi adsorben. Pada penelitian ini menggunakan dua model isoterm yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

### 2.6.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada tahun 1916, Irving Langmuir menetapkan suatu model isoterm untuk gas yang teradsorpsi pada padatan dan isoterm itu diberi nama sesuai dengan namanya. Model isoterm ini mengasumsikan bahwa permukaan adsorben dan ikatan pada adsorpsi kimia lebih kuat dibanding adsorpsi fisik. Model isoterm ini juga didasarkan bahwa semua sisi aktif pada permukaan adsorben yang homogen hanya mampu mengadsorpsi satu molekul adsorbat (adsorpsi monomolekul). Akibatnya adsorbat hanya membentuk lapisan tunggal (monolayer) pada permukaan adsorben yang tersedia. Sehingga jumlah maksimal molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi, tidak lebih dari jumlah sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben dan sisi aktif tersebut tidak mampu melakukan adsorpsi kembali.

Parameter Langmuir dapat ditentukan dengan persamaan 2.7 sebagai berikut :

$$q_e = \frac{(q_m K_L C_e)}{1 + K_L C_e} \quad (2.7)$$

Dimana :

$q_e$  = Jumlah adsorbat yang dapat teradsorpsi (mg/g)

$q_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan (mg/L)

$K_L$  = Konstanta Langmuir (L/mg)

Persamaan tersebut juga dapat dituliskan dalam bentuk persamaan garis lurus seperti persamaan 2.8 berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad (2.8)$$

## 2.6.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Model isoterm ini pertama kali dikemukakan oleh Freundlich pada tahun 1906. Model isoterm ini mengasumsikan bahwa sisi aktif adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai daya adsorpsi yang berbeda-beda. Prinsip model isoterm adsorpsi ini adalah apabila molekul adsorbat teradsorpsi, tidak hanya akan membentuk satu lapisan saja melainkan akan terbentuk lapisan kedua, ketiga dan seterusnya sehingga adsorbat akan membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorbat. Tipe adsorpsi ini berlangsung dengan cepat dan dapat bereaksi balik (*reversible*).

Parameter Freundlich dapat ditentukan dengan persamaan 2.9 berikut :

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (2.9)$$

Dimana :

$q_e$  = Jumlah adsorbat yang dapat teradsorpsi (mg/g)

$K_F$  = Konstanta Freundlich (L/mg)

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan (mg/L)

$n$  = parameter intensitas Freundlich

apabila diplotkan dalam garis lurus, maka persamaan diatas dapat ditulis seperti persamaan 2.10 berikut :

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \quad (2.10)$$

## 2.7 Remazol Brilliant Blue R

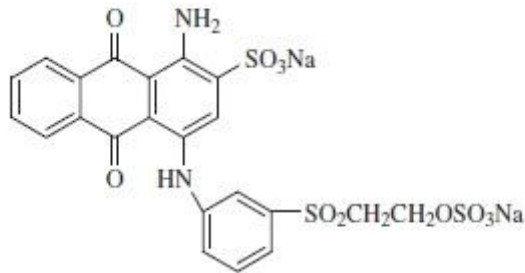
Berdasarkan sumbernya, zat warna dibedakan menjadi zat warna alam dan sintetik. Perbedaan sumber dari warna ini akan mempengaruhi bagaimana metode yang tepat di dalam menurunkan intensitas zat warna dalam suatu limbah. Umumnya zat warna alam lebih mudah terdegradasi dibanding zat warna sintetik, akan tetapi sebagian besar industri lebih banyak menggunakan zat warna sintetik dalam pewarnaannya, terutama industri tekstil modern. Zat warna ini dipilih karena memiliki warna yang lebih stabil dibandingkan zat warna jenis lain (Laksono, 2012)



Zat warna sintetis pertama kali diperkenalkan oleh Perkin di tahun 1856. Zat warna sintetis terdiri dari gugus kromofor dan auksokrom, dimana kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom berperan sebagai pengikat warna dengan serat. Beberapa gugus kromofor diantaranya nitroso (NO), nitro (NO<sub>2</sub>), karbonil (-C=O) dan etilen (-C=C). Sementara gugus auksokrom diantaranya SO<sub>3</sub>H, OH, COOH dan gugus NH<sub>2</sub> dan gugus ini tergolong polar sehingga mudah larut dalam air (Sunarto, 2008).

Berdasarkan penggunaannya zat warna sintetis dibedakan menjadi zat warna reaktif, dispers, direct, basa, sulfur, asam, vat dan terlarut. Sedangkan berdasarkan muatan yang dihasilkan saat dilarutkan di dalam air, zat warna sintetis dibedakan menjadi zat warna anionik, non anionik dan kationik. Zat warna juga dibedakan berdasarkan struktur kimianya yaitu zat warna golongan azo, anthraquinon, indigoid, nitroso, nitor dan triarylmethane. Dalam industri tekstil, zat warna anionik adalah yang paling banyak dipakai, sementara zat warna jenis reaktif lebih dipilih karena zat warna ini memiliki warna yang cerah. Dan lebih dari 50% jenis zat warna sintetis adalah jenis zat warna golongan azo, hal ini karena zat warna berkromofor azo ini mempunyai daya serap yang besar dan warna tidak mudah hilang dari serat (Hunger, 2004).

*Remazol Brilliant Blue R* atau dengan nama lain *Reactive Blue 19* termasuk dalam kategori senyawa reaktif golongan anthraquinon dengan rumus umum molekulnya C<sub>22</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>11</sub>S<sub>3</sub>. Zat warna ini memiliki berat molekul sebesar 626,533 g/mol dengan karakteristiknya bewarna biru gelap hingga hitam dan berbentuk padatan serbuk. Struktur molekul zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Strukur kimia zat warna *Remazol Brilliant Blue R* (Jiang, 2014).

## 2.8 Metode Gravimetri

Metode gravimetri merupakan metode analisa yang didasarkan pada pengukuran berat dari suatu padatan. Analisa ini biasanya diaplikasikan untuk mengetahui kadar air yang terkandung di suatu padatan. Analisa ini dilakukan dengan cara memanaskan padatan menggunakan oven dengan suhu tertentu untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam padatan dengan waktu yang konstan. Kemudian selisih berat yang hilang antara sebelum dan setelah pemanasan dihitung menggunakan persamaan 2.11 di bawah ini :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{m_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (2.11)$$

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), batas kadar air adsorben sebesar 6%. Adanya kadar air dalam adsorben berkaitan dengan sifat higroskopis pada adsorben, dimana adsorben mempunyai afinitas yang besar terhadap air (Subadra et al., 2005). Sehingga apabila kadar air yang masih terkandung dalam adsorben cukup besar akan mempengaruhi proses adsorpsi yaitu kemampuan adsorben akan berkurang yang disebabkan karena molekul air menutupi pori pori atau melapisi permukaan adsorben sehingga menghalangi adsorbat yang akan masuk dan sulit untuk teradsorpsi (Al Indis dkk., 2013).

## 2.9 Penentuan Luas Permukaan Adsorben Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru

Penentuan luas permukaan adsorben dapat ditentukan dengan adsorpsi larutan metilen biru yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dimana prinsipnya semakin luas permukaan suatu adsorben, maka bidang kontak akan semakin besar sehingga daya serap terhadap metilen biru juga semakin tinggi (Amalia, 2015).

Metilen biru merupakan padatan berwarna biru kehijauan dengan berat molekulnya adalah 319,870 g/mol dan menyerap radi pada panjang gelombang 664 nm.

Luas permukaan adsorben dapat dihitung dengan terlebih dahulu menghitung kapasitas adsorpsi suatu adsorben terhadap metilen blue dengan persamaan 2.12 berikut ini :

$$q = \frac{(M - M_o)}{m} \times V \quad (2.12)$$

Dimana  $q$  merupakan kapasitas adsorpsi monolayer dengan satuan mg/g,  $M$  merupakan konsentrasi mula-mula metilen biru dengan satuan mg/g,  $M_o$  merupakan konsentrasi metilen biru setelah adsorpsi dengan satuan mg/g,  $m$  merupakan massa adsorben yang digunakan dengan satuan gram dan  $v$  merupakan volume larutan dengan satuan liter (L).

Adapun perhitungan luas permukaan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.13 berikut :

$$S = \frac{q N A}{Mr} \quad (2.13)$$

Dimana  $S$  adalah luas permukaan dengan satuannya  $m^2/g$ ,  $q$  adalah kapasitas adsorpsi metilen biru dengan satuan g/g,  $N$  adalah bilangan Avogadro dengan ketetapanya  $6,022 \times 10^{23}$ ,  $A$  adalah luas penutupan oleh satu molekul relatif metilen biru dengan nilainya  $197 \times 10^{20} m^2$ ,  $Mr$  adalah molekul relatif metilen biru dengan satuannya g/mol (Amalia, 2015).

## 2.10 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Visible (sinar tampak) merupakan salah satu analisa pengukuran serapan cahaya monokromatis oleh

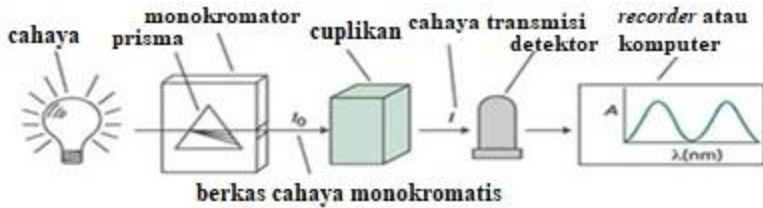
larutan berwarna pada panjang gelombang tertentu baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Karisma, 2015). Spektrum UV-Vis berkisar antara 200 hingga 800 nm, yang terdiri atas spektrum dari ultraviolet pada daerah ultraviolet dengan panjang gelombang 200 hingga 400 dan spektrum *visible* dengan panjang gelombang 400 hingga 800 nm. Tabel 2.3 memperlihatkan warna yang diserap dengan panjang gelombang tertentu pada spektrum cahaya tampak (UV-Vis).

Tabel 2.3 Daftar warna yang diserap dan dipantulkan oleh spektrum UV-Vis pada panjang gelombang tertentu.

Warna yang diserap	Warna yang dipantulkan	Panjang gelombang (nm)
Violet	Kuning-hijau	400-435
Biru	Kuning	435-480
Hijau-biru	Jingga	480-490
Biru-hijau	Merah	490-500
Hijau	Ungu	500-560
Kuning-Hijau	Violet	560-580
Jingga	Hijau-biru	580-605
Merah	Biru-hijau	605-750

(Sari, 2009)

Terdapat dua jenis spektrofotometer UV-Vis yaitu *single beam* dan *double beam*. Pada penelitian ini digunakan spektrofotometri jenis *single beam*. Spektrofotometri UV-Vis terdiri atas dua alat di dalam instrumen yaitu spektrometer yang berfungsi menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sementara yang lain fotometer berfungsi sebagai alat ukur intensitas cahaya yang diabsorb (Khopkar, 2003).



Gambar 2.5 Susunan alat spektrofotometer UV-Vis

Susunan instrumen ini yang terdiri dari sumber spektrum yang kontinu, monokromator, sel pangabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko untuk pembandingan dan detektor. Gambar 2.5 memperlihatkan susunan cara kerja spektrofotometer UV-Vis (Karisma, 2015).

Mekanisme kerja dari instrumen ini yaitu sumber cahaya yang berasal dari lampu deuterium ataupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan menuju monokromator melalui lensa, lalu diubah menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas monokromatis dilewatkan pada sampel dengan konsentrasi tertentu. Saat dilewatkan, berkas ada yang diserap ada yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini akan diterima oleh detektor dan akan menghitung cahaya yang diterima serta mengetahui berapa cahaya yang terserap oleh sampel. Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan yang dilewatkan sebagai transmittan (T). Cahaya yang diserap ini sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel secara kuantitatif (Sastrohamidjojo, 2001).

Hasil absorpsi sinar pada spektrofotometer UV-Vis mengikuti Hukum Lambert Beer seperti persamaan 2.14 berikut :

$$A = -\log T = -\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon b c \quad (2.14)$$

Dimana :

A = Absorbansi (serapan)

T = Transmittan

$I_0$  = Intensitas sinar datang

$I_t$  = Intensitas sinar yang diteruskan

$\epsilon$  = Koefisien ekstingsi molar dengan satuan L/mg.cm

b = tebal kuvet

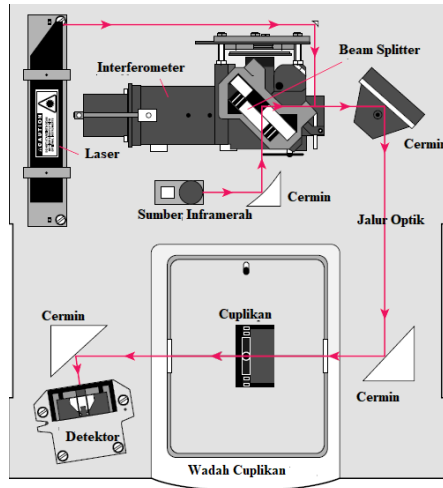
c = konsentrasi cuplikan dengan satuan mg/L.

### **2.11 Spektrofotometri FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)**

Instrumen ini menggunakan metode analisa material dengan teknik spektroskopi dengan sumber radiasi dari sinar infra merah. Analisa ini berdasarkan pada jumlah energi yang diserap dan tidak mengakibatkan terjadinya eksitasi elektron tetapi menyebabkan adanya vibrasi dari molekul. Analisa tersebut mengukur adanya serapan cahaya yang mengakibatkan adanya vibrasi molekul yang menghasilkan perubahan momen dipol yang teramati pada spektrum inframerah. Energi inframerah ini sesuai dengan energi ikat ulur semua jenis molekul, hal ini yang menyebabkan instrumen ini dapat digunakan untuk identifikasi senyawa-senyawa yang tidak dikenal (Wiryawan , 2008).

Sinar infra merah ini memiliki frekuensi antara 400 hingga  $4000\text{ cm}^{-1}$  dan panjang gelombang dari 2,5 hingga  $25\text{ }\mu\text{m}$  (Sibilia, 1996). Sinar inframerah yang dihasilkan merupakan hasil dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, adanya intensitas cahaya dengan detektor. Analisa menggunakan alat ini menghasilkan data berupa spektra intensitas dan frekuensi. Dimana intensitas menunjukkan jumlah senyawa yang terkandung sedangkan frekuensi menunjukkan jenis senyawa yang muncul saat analisa material.

FTIR terdiri dari 5 bagian utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 diantaranya sumber sinar inframerah, beam splitter, interferometer, wadah cuplikan, dan detektor.



Gambar 2.6 Penampakan bagian-bagian dalam spektrofotometer FTIR (Nicolet, 2001).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan Bahan**

##### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan gelas yaitu *blender* elektrik, ayakan mesh 120, gelas beker, gelas ukur, pH meter, oven, sentrifuse, botol sentifuse, labu ukur, pipet ukur, pipet tetes, pipet volum, propipet, corong kaca, buret, erlenmeyer, kaca arloji, botol semprot, neraca analitik, pengaduk kaca, spatula, *magnetic stirrer*, botol timbang dan *hotplate magnetic*. Peralatan instrument terdiri dari Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (Shimadzu tipe FTIR-8400S dan Spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S).

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ampas singkong, NaOH (99% Merck), HCl (37% Merck), metilen biru, aqua DM dan padatan *Remazol Brilliant Blue R*.

#### **3.2 Prosedur Penelitian**

##### **3.2.1 Pembuatan Adsorben dari Ampas Singkong**

Ampas singkong diperoleh dari salah satu pengolahan tapioka yang terletak di Kediri. Ampas singkong dicuci dengan aqua DM untuk menghilangkan pengotornya, dikeringkan di suhu ruangan hingga setengah kering dan dioven dengan suhu 80°C selama 5 jam. Kemudian limbah yang telah kering diblender dan serbuk halus yang diperoleh diayak menggunakan ukuran ayakan mesh 120. Serbuk yang telah diayak, dianalisa gugus fungsinya menggunakan FTIR, kadar air dengan metode gravimetri, dan dianalisa luas permukaan menggunakan adsorpsi larutan metilen biru.

### **3.2.2 Analisa Adsorben dari Ampas Singkong**

#### **3.2.2.1 Analisa Kadar Air**

Sebanyak 1 gram adsorben dioven dengan suhu 80°C selama 1 jam. Adsorben yang telah dioven dimasukkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang massanya untuk satu jam pertama. Kemudian dioven lagi selama 1 jam dengan suhu yang sama dan ditimbang kembali hingga massanya konstan.

#### **3.2.2.2 Analisa Gugus Fungsi dengan Spektrofotometri FTIR**

Adsorben dan KBr dihaluskan kemudian dibentuk menjadi pelet. Sampel yang telah dibentuk pelet, diletakkan pada holder dan dianalisa menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

#### **3.2.2.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru (Wijaya, 2015)**

Terlebih dahulu ditentukan panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada larutan metilen biru 4 mg/L menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500-700 nm. Panjang gelombang yang diperoleh digunakan untuk pengukuran absorbansi larutan metilen biru pada percobaan selanjutnya.

Sebanyak 20 mL larutan metilen biru 100 mg/L dimasukkan adsorben sebanyak 0,1 gram dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 20 menit. Setelah diaduk didiamkan selama 30 menit. Larutan yang telah didiamkan disaring dan filtratnya dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh.

### **3.2.3 Pembuatan Adsorbat**

#### **3.2.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Blue R***

Sebanyak 1 mL larutan induk 500 mg/L dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan aqua DM

hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum menggunakan UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 400-700 nm. Panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh dipakai untuk penentuan absorbansi selanjutnya.

#### 3.2.3.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

Masing-masing sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; dan 2,4ml larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 500 mg/L dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL. Kemudian diencerkan dengan ditambah aqua DM sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh.

### 3.2.4 Percobaan Adsorpsi Dengan Metode *Batch*

#### 3.2.4.1 Variasi pH Adsorbat

Sebanyak 0,2 gram adsorben ampas singkong dengan ukuran mesh 120 dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL yang berisi 20 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R* 200 mg/L. Larutan adsorbat diatur pHnya menggunakan larutan HCl dan NaOH. Proses adsorpsi dibuat pada pH 1,2,3,4,5,6,7,8,9 dan 10. Kemudian masing-masing larutan diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 20 menit. Larutan yang telah diaduk dimasukkan ke dalam botol sentrifuse dan disentrifuse dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Filtratnya dianalisa menggunakan UV Vis pada panjang gelombang maksimum untuk mengetahui konsentrasi yang tidak teradsorp.

#### 3.2.4.2 Variasi Waktu Kontak

Sebanyak 0,2 gram adsorben ampas singkong dengan ukuran mesh 120 dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL yang berisi 20 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R* 200 mg/L. Adsorbat diatur pHnya pada pH optimal menggunakan larutan HCl dan NaOH. Kemudian larutan diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 5 menit. Larutan yang telah diaduk dimasukkan ke

dalam botol sentrifuse dan disentrifuse dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Filtratnya dianalisa menggunakan UV Vis pada panjang gelombang maksimum untuk mengetahui konsentrasi yang tidak teradsorp. Perlakuan yang sama juga dilakukan dengan waktu kontak masing-masing 10, 20, 30, 45, 60, dan 90 menit.

Data yang diperoleh dari hasil adsorpsi variasi waktu kontak digunakan untuk penentuan kinetika adsorpsi. Persamaan yang digunakan untuk penentuan kinetika adsorpsi adalah seperti pada persamaan 3.1-3.4 sebagai berikut :

$$\text{Orde Satu : } \ln C_t = \ln C_o - kt \quad (3.1)$$

$$\text{Orde Dua : } \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_o} + kt \quad (3.2)$$

$$\text{Orde Satu Semu : } \log (q_e - q_t) = \log (q_e) - \frac{k}{2,303} t \quad (3.3)$$

$$\text{Orde Dua Semu : } \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (3.3)$$

#### 3.2.4.3 Variasi Konsentrasi Adsorbat

Sebanyak 0,2 gram adsorben ampas singkong dengan ukuran mesh 120 dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL yang berisi 20 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R* 200 mg/L. Adsorbat diatur pHnya pada pH optimal menggunakan larutan HCl dan NaOH. Kemudian larutan diaduk dengan kecepatan 500 rpm dengan waktu optimal yaitu 45 menit. Larutan yang telah diaduk dimasukkan ke dalam botol sentrifuse dan disentrifuse dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Filtratnya dianalisa menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang maksimum untuk mengetahui konsentrasi yang tidak teradsorp. Perlakuan yang sama juga dilakukan dengan konsentrasi 1000, 2000, 3000, 4000 dan 5000 mg/L.

Data yang diperoleh dari hasil adsorpsi variasi konsentrasi digunakan untuk penentuan isoterm adsorpsi. Persamaan yang digunakan untuk penentuan isoterm adsorpsi seperti pada persamaan 3.5-3.6 sebagai berikut :

$$\text{Isoterm Langmuir : } \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m KL} + \frac{C_e}{q_m} \quad (3.5)$$

$$\text{Isoterm Freundlich : } \log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log k_F \quad (3.6)$$

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakterisasi Ampas Singkong**

##### **4.1.1 Preparasi Adsorben**

Ampas singkong yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari salah satu pengolahan tepung tapioka yang berada di kota Kediri, Jawa Timur. Ampas singkong yang berasal dari ampas singkong, dicuci dengan aqua DM. Menurut Mandasari et al., (2016) pencucian adsorben menggunakan aqua DM bertujuan untuk menghilangkan komponen non-selulosa yang masih menempel pada adsorben sehingga kapasitas adsorben dapat lebih meningkat dibanding tanpa pencucian. Kemudian adsorben yang telah dicuci diangin-anginkan hingga setengah kering. Limbah yang setengah kering dioven dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam. Limbah yang telah kering dapat dilihat pada Gambar 4.1. Limbah yang kering dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan mesh 120. Ampas singkong inilah yang akan digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi. Gambar hasil ayakan ampas tapioka dengan ukuran ayakan mesh dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Adsorben ampas singkong ukuran ayakan mesh 120.

Untuk mengetahui kadar air yang terdapat dalam adsorben dilakukan dengan metode gravimetri, luas permukaan

dilakukan pengujian dengan menggunakan adsorpsi larutan metilen biru dan gugus fungsi dengan pengujian FTIR.

#### **4.1.2 Analisa Kadar Air Pada Adsorben**

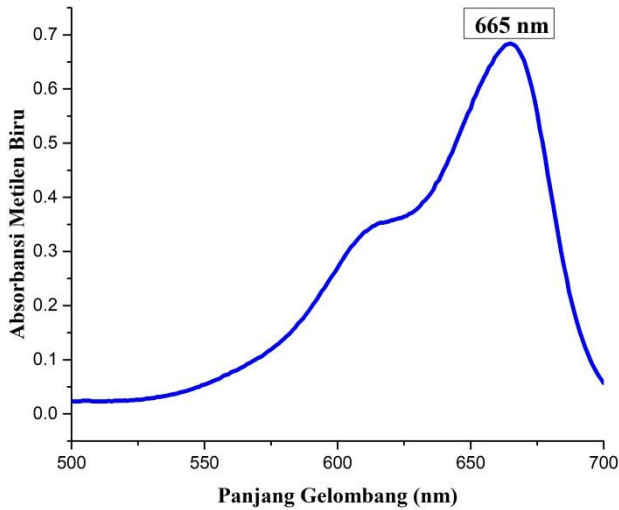
Kadar air pada adsorben ampas singkong ditentukan dengan metode gravimetri. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada adsorben. Perlakuan analisa dilakukan dengan mengoven sampel sebanyak 1 gram dengan suhu 80°C selama 1 jam, didinginkan dalam desikator selama 15 menit, ditimbang, dan perlakuan diulangi hingga mendapatkan massa yang konstan. Berdasarkan analisa yang dilakukan didapatkan presentase kadar air ampas singkong yaitu sebesar 4,174 %. Hal ini menunjukkan jika adsorben ampas singkong mengandung kadar air yang masih sesuai dengan batas kadar air adsorben yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia untuk pembuatan adsorben yaitu sebesar 6 % (Hidayati, 2016).

Menurut Kusumawardhani (2016), apabila kadar air yang terdapat dalam adsorben melebihi batas maksimal yang ditetapkan, adsorben kurang optimal dalam melakukan proses adsorpsi. Hal ini karena molekul air menghalangi pori-pori adsorben, sehingga adsorbat sulit teradsorpsi melalui pori-pori adsorben.

#### **4.1.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru (Amalia, 2015, Wijaya, 2015)**

Analisa luas permukaan adsorben pada penelitian ini menggunakan metilen biru berdasarkan prinsip adsorpsi. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai luas permukaan adsorben dari ampas singkong. Luas permukaan berpengaruh terhadap daya adsorpsi adsorben, hal ini karena semakin luas permukaan adsorben semakin meningkat kapasitas adsorpsinya. Penentuan panjang gelombang maksimum pada larutan metilen biru 4 mg/L menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang antara 500-700 nm Panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada metilen biru 4 mg/L adalah 665

nm. Penentuan panjang gelombang maksimum metilen biru dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Panjang gelombang maksimum pada metilen biru

Pada percobaan yang telah dilakukan, diperoleh konsentrasi metilen biru sisa masing-masing 3,217 dan 3,187 mg/L dan menghasilkan konsentrasi metilen biru rata-rata sebesar 3,202 mg/L. Sehingga dapat ditulis penentuan kapasitas adsorpsi metilen biru untuk perhitungan luas permukaan seperti berikut :

$$q = \frac{M - M_0}{m} \times V$$

$$q = \frac{99,497 - 3,202}{0,1} \times 0,02 \text{ L}$$

$$q = \frac{96,294 \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$q = 19,182 \text{ mg/g} \approx 0,0192 \text{ g/g}$$

Setelah diperoleh nilai kapasitas adsorpsi, dapat ditentukan luas permukaan adsorben ampas singkong seperti berikut :

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{0,0192 \text{ g/g} \times 6,022 \times 10^{-23} \text{ mol}^{-1} \times 197 \times 10^{-20} \text{ m}^2}{320,5 \text{ g/mol}}$$

$$S = 71,003 \text{ m}^2/\text{g}$$

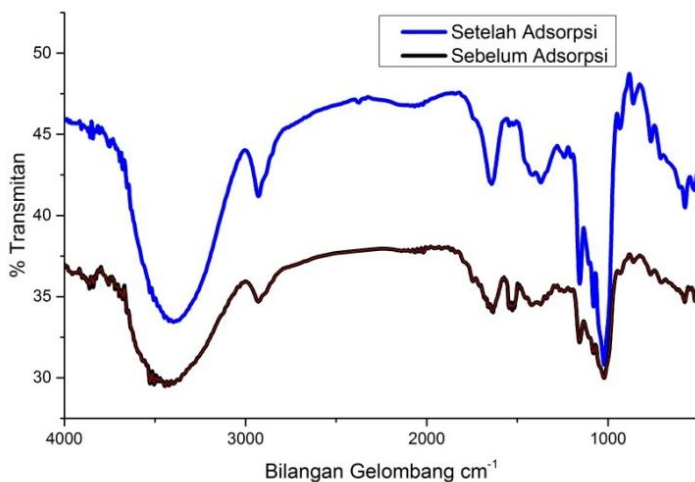
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan luas permukaan adsorben dengan ukuran ayakan mesh 120 adalah 71,003 m<sup>2</sup>/g. Pemilihan mesh ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Lusiani (2015), dimana semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan adsorben semakin besar. Apabila luas permukaan semakin besar maka semakin besar pula daya serap adsorben terhadap suatu adsorbat (Suhendrawati et al., 2013).

#### 4.1.4 Analisa Gugus Fungsi menggunakan FTIR

Analisa gugus fungsi pada adsorben ampas singkong dilakukan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dengan bilangan gelombang 4000-400 cm<sup>-1</sup> untuk mendapatkan informasi tentang struktur kimia dan gugus fungsi pada ampas singkong. Hasil analisa FTIR sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi pada adsorben ampas singkong dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan hasil FTIR yang terdapat di Gambar 4.3 , diperoleh informasi mengenai ikatan gugus fungsi yang terdapat pada adsorben ampas singkong sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi. Pada Gambar 4.2 dapat diketahui adanya pita serapan lebar pada daerah 3444,98 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi *stretching* -OH dari senyawa selulosa. Dimana pada selulosa adanya gugus OH yang bersifat elektronegatif sebagai akibat adanya elektron bebas pada atom oksigen. Sehingga zat warna *Remazol Brilliant Blue R* yang memiliki dipol positif dapat tertarik oleh gugus hidroksil dari selulosa yang terdapat pada adsorben. Selain itu munculnya pita ini juga diindikasikan adanya vibrasi *stretching* dari N-H. Indikasi ikatan pada hasil FTIR sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.1.





Gambar 4.3 Spektra FTIR adsorben ampas singkong sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi pada *Remazol Brilliant Blue R*.

Tabel 4.1 Hasil FTIR adsorben ampas singkong sebelum dan setelah dilakukan adsorpsi

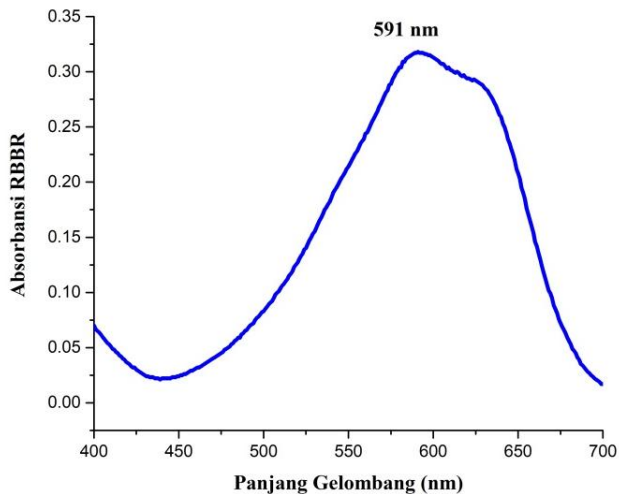
Indikasi Ikatan	Sebelum Adsorpsi		Setelah Adsorpsi	
	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	% T	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	% T
OH dan N-H <i>stretching</i>	3444,98	29,472	3371,68	33,53
C-H <i>stretching</i> dari CH, CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub>	2929,97	34,684	2928,04	41,182
N-H <i>bending</i> C-O <i>stretching</i>	1633,76	34,03	1651,12	42,057
C-H <sub>2</sub> <i>bending</i>	1423,51	34,474	1415,8	42,486
C-N <i>stretching</i>	1242,2	35,308	1242,2	43,586
C-O <i>stretching</i>	1022,31	29,98	1022,31	30,801

Kemudian puncak serapan gugus C-H alifatik yang berasal dari gugus CH, CH<sub>2</sub>, dan CH<sub>3</sub> pada daerah bilangan gelombang 2929,97 cm<sup>-1</sup> dan diperkuat dengan adanya vibrasi *bending* CH<sub>2</sub> pada 1423,51 cm<sup>-1</sup> dan vibrasi *bending* CH<sub>3</sub> pada 1371,43 cm<sup>-1</sup>. Puncak serapan lain pada bilangan gelombang 1633,76 cm<sup>-1</sup> muncul sebagai akibat adanya vibrasi *stretching* –OH karena adanya H<sub>2</sub>O yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dan mengindikasikan adanya *bending* dari amina atau amida. Bilangan gelombang lain yaitu 1241,2 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi *stretching* dari gugus C-N. Terdapat pula gugus karbonil C=O pada sekitar 1745,64 cm<sup>-1</sup>. Sementara puncak yang lain yaitu pada 1022,31 cm<sup>-1</sup> berasal dari vibrasi *stretching* gugus C-O yang merupakan ikatan glikosida selulosa dan ikatan cincin piranosa monomer glukosa. Hasil FTIR pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Li et al., (2014) dan Sugumaran et al., (2013).

Berdasarkan hasil analisa FTIR pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1, terlihat bahwa terdapat perbedaan intensitas pita serapan yang cukup besar pada setiap puncak setelah adsorpsi tetapi tidak merubah puncak serapan pada setiap gugus fungsi pada adsorben ampas singkong sebelum dilakukan adsorpsi dan setelah dilakukan adsorpsi. Pergeseran yang cukup besar terjadi pada pita serapan yang melebar untuk gugus –OH yaitu dari 3444,98 cm<sup>-1</sup> menjadi 3371,68 cm<sup>-1</sup>. Pengurangan intensitas terjadi pada pita serapan yang melebar untuk vibrasi *stretching* gugus –OH dan pada bilangan gelombang 1022,31cm<sup>-1</sup> sebagai vibrasi *stretching* gugus C-O. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayati et al., (2015), adanya perubahan intensitas setelah dilakukan adsorpsi pada suatu adsorben merupakan akibat interaksi antara gugus hidroksil (-OH) pada selulosa adsorben yang terprotonasi menjadi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> saat adsorbat dalam kondisi asam dengan anion zat warna RBBR yaitu berupa gugus sulfonat (SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) selama proses adsorpsi, sehingga intensitas puncak serapan juga mengalami penurunan. Oleh karenanya dengan adanya gugus hidroksil (OH<sup>-</sup>) dalam selulosa pada adsorben ampas singkong ini mempunyai pengaruh utama dalam proses adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R*.

#### 4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

Pembuatan kurva kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R* diawali dengan penentuan panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV Vis dengan panjang gelombang antara 400-700 nm pada konsentrasi 50 mg/L. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.4.

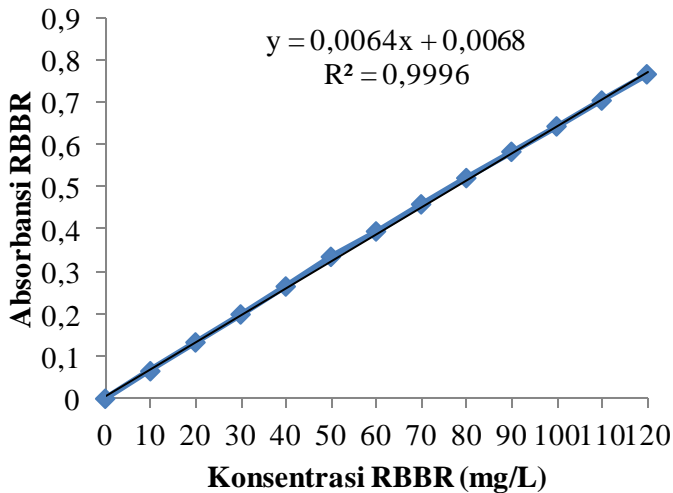


Gambar 4.4 Hasil spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum pada larutan *Remazol Brilliant Blue R*

Gambar 4.4 menunjukkan panjang gelombang maksimum yang terdapat pada *Remazol Brilliant Blue R*, dimana panjang gelombang maksimum yang didapatkan adalah 591 nm. Panjang gelombang ini sama seperti yang digunakan pada penelitian Zhong et. al., (2012) dan Silva et al., (2016). Berdasarkan literatur yang ada, warna biru yang terlihat dari zat warna *Remazol Brilliant Blue R* merupakan warna yang terserap sebagai warna kuning pada saat dilakukan analisa menggunakan

spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombangnya antara 580-595 nm.

Setelah menentukan panjang gelombang maksimum, ditentukan persamaan regresi linear yang akan digunakan untuk menghitung zat yang terdapat pada larutan *Remazol Brilliant Blue R* yang dianalisa. Larutan standar *Remazol Brilliant Blue R* yang digunakan pada pembuatan kurva kalibrasi adalah dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, dan 120 mg/L. Gambar 4.5 menunjukkan kurva kalibrasi yang diperoleh dari pembuatan larutan standar *Remazol Brilliant Blue R*.



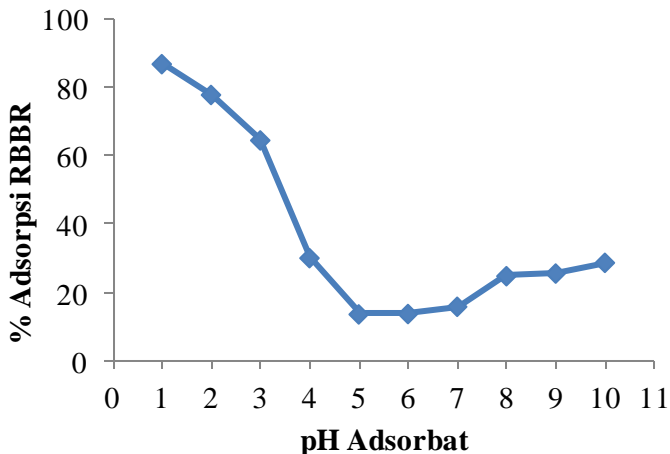
Gambar 4.5 Kurva kalibrasi dari larutan standar *Remazol Brilliant Blue R*

Berdasarkan kurva yang diperoleh didapatkan persamaan linearnya adalah  $y = 0,0064x + 0,0068$  dengan nilai regresi sebesar 0,9996. Nilai regresi yang mendekati 1 dan lebih dari 0,9 ini menunjukkan jika persamaan tersebut layak digunakan dalam pembuatan persamaan untuk menghitung kadar larutan *Remazol Brilliant Blue R* pada berbagai variasi.

### 4.3 Proses Adsorpsi Pada *Remazol Brilliant Blue R*

#### 4.3.1 Variasi pH Adsorbat

Dalam adsorpsi terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi. Salah satunya adalah derajat keasaman atau pH. Derajat keasaman suatu larutan dapat mendorong atau menghambat terjadinya proses adsorpsi pada suatu larutan, hal ini dikarenakan kondisi pH yang terdapat pada larutan mempengaruhi bentuk ion dari zat warna yang diadsorp, jenis adsorbat dan muatan pada permukaan adsorben yang digunakan (Lacerda et al., 2015).



Gambar 4.1 Hubungan antara pH adsorbat dengan persentase adsorpsi RBBR

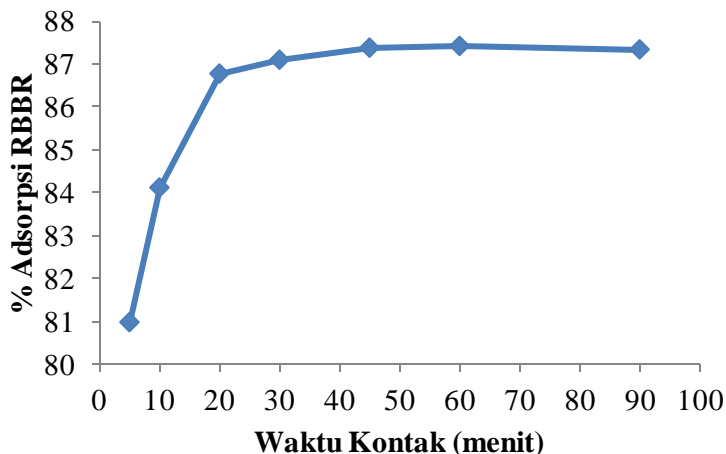
Variasi pH yang digunakan pada penelitian ini adalah antara pH 1-10. Persentase adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* dapat dilihat pada Gambar 4.6, dimana dapat dilihat hubungan antara persentase adsorpsi dengan pH yang digunakan. Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa persentase adsorpsi mengalami penurunan seiring bertambahnya nilai pH. Nilai adsorpsi tertinggi terdapat pada pH 1 dengan persentase sebesar 86,768 %. Persentase adsorpsi terendah pada pH 5 sebesar 13,768 %.

Zat warna *Remazol Brilliant Blue R* merupakan salah satu zat warna reaktif dengan rumus molekul  $C_{22}H_{16}N_2Na_2O_{11}S_3$ . Saat menjadi larutan, zat warna *Remazol Brilliant Blue R* akan terdisosiasi membentuk anion berupa gugus sulfonat ( $-SO_3^-$ ). Gugus hidroksil ( $-OH$ ) dalam adsorben mengalami protonasi dan membentuk  $H_3O^+$  pada permukaan adsorben yang cenderung elektropositif akibat pH yang rendah. Kemudian gugus hidroksil yang telah terprotonasi menjadi  $H_3O^+$  akan berinteraksi dengan gugus sulfonat ( $-SO_3^-$ ) dan menyebabkan anion gugus sulfonat tertarik ke permukaan adsorben akibat adanya interaksi elektrostatik antara dua gugus (Ada et al, 2009, Hidayati, 2015).

Begitu juga sebaliknya, apabila nilai pH yang digunakan semakin besar, akan terjadi tolakan antara muatan zat warna dengan permukaan adsorben karena permukaan adsorben yang bermuatan negatif akibat gugus hidroksil ( $-OH$ ) dan zat warna RBRR akibat gugus sulfonat ( $-SO_3^-$ ) sama-sama bersifat elektronegatif pada nilai pH adsorbat yang semakin besar (Hidayati, 2015). Sehingga pada penelitian ini diperoleh pH optimum pada pH 1 dengan persentase adsorpsi sebesar 86,768%.

#### **4.3.2 Variasi Waktu Kontak**

Waktu kontak saat dilakukan adsorpsi adalah faktor penting kedua setelah penentuan pH optimum yaitu pada pH 1. Hal ini karena semakin lama waktu kontak, maka semakin lama waktu yang digunakan oleh adsorben dalam proses adsorpsi dengan adsorbatnya. Variasi waktu kontak yang dipakai dalam penelitian ini adalah selama 5, 10, 20, 30, 45, 60, dan 90 menit dan menggunakan pH 1 serta dalam waktu 20 menit. Hubungan antara waktu kontak dengan persentase adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.7.

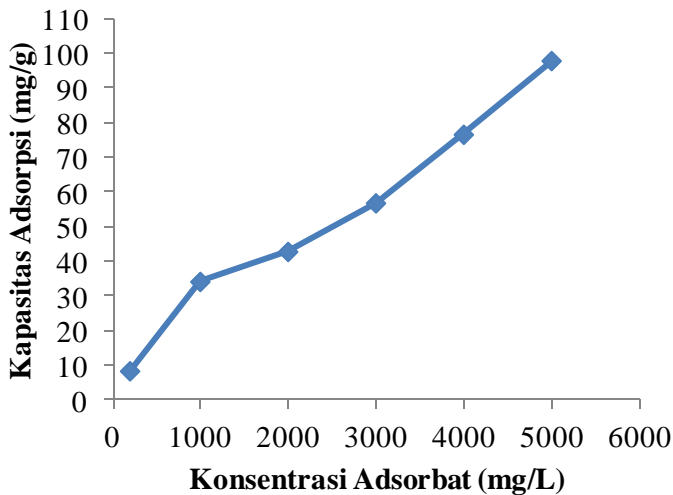


Gambar 4.7 Hubungan antara waktu kontak dengan persentase adsorpsi RBBR pada pH 1

Pada Gambar 4.7 menunjukkan jika semakin lama waktu kontak yang diberikan, maka semakin besar persentase adsorpsi yang dihasilkan. Saat dilakukan waktu aduk selama 5 menit, persentase sudah mencapai 80,967 %, hal ini dikarenakan penggunaan pH optimum pada variasi sebelumnya. Kemudian mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar hingga digunakannya waktu aduk selama 45 menit. Persentase adsorpsi mengalami kesetimbangan pada saat dilakukan pengadukan selama 45 menit dengan persentase sebesar 87,373 %. Kemudian pada waktu kontak 60 dan 90 menit, persentase adsorpsi cenderung konstan. Hal ini karena adsorben ampas singkong telah melewati waktu kesetimbangan sehingga menyebabkan sebagian molekul zat warna terlepas akibat waktu kontak yang melebihi batas optimum. Waktu kontak optimum yang diperoleh adalah selama 45 menit.

#### 4.3.3 Variasi Konsentrasi Adsorbat

Variasi Konsentrasi diperlukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum adsorben terhadap RBBR melalui penentuan konsentrasi optimum yang diperoleh. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200, 1000, 2000, 3000, 4000 dan 5000 mg/L, variasi konsentrasi menggunakan pH optimum pada pH 1 dan waktu kontak optimum selama 45 menit. Hasil kapasitas adsorpsi RBBR pada variasi konsentrasi adsorbat dapat dilihat pada Gambar 4.8.



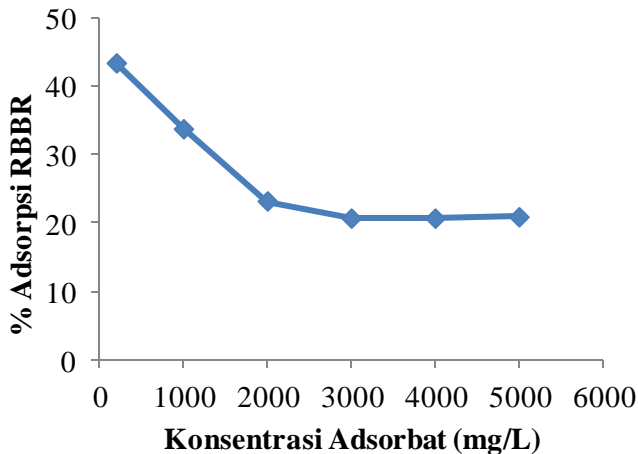
Gambar 4.8 Hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan kapasitas adsorpsi RBBR pada pH 1 dan waktu kontak 45 menit.

Pada Gambar 4.8 menunjukkan jika kapasitas adsorpsi terus meningkat seiring bertambahnya konsentrasi adsorbat. Hal ini dikarenakan semakin banyak molekul zat warna yang terserap dan berinteraksi dengan adsorben. Semakin besar konsentrasi adsorbat yang diberikan, kapasitas adsorpsi semakin tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat terlihat jika kapasitas adsorpsi



terus meningkat hingga konsentrasi adsorbat mencapai 5000 mg/L.

Sebaliknya pada Gambar 4.9 terlihat bahwa persentase adsorpsi terus mengalami penurunan hingga konsentrasi adsorbat 2000 mg/L. Kemudian persentase adsorpsi tidak mengalami penambahan maupun pengurangan saat konsentrasi adsorbat mencapai 3000 mg/L. Persentase adsorpsi cenderung konstan saat konsentrasi adsorbat pada 3000 mg/L hingga 5000 mg/L. Hal ini dikarenakan permukaan adsorben telah jenuh untuk berinteraksi dengan zat warna sehingga persentase adsorpsi mengalami kesetimbangan.

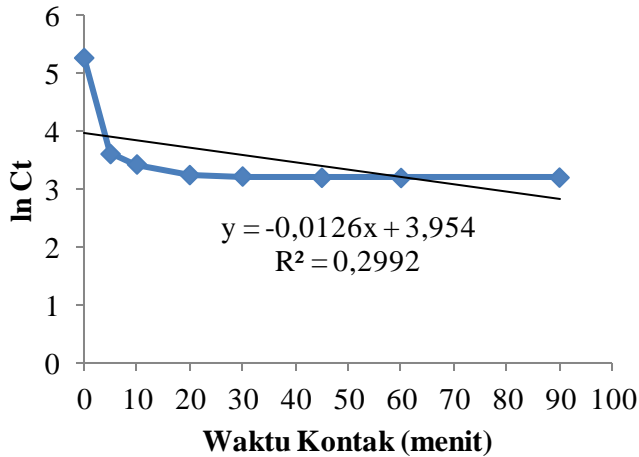


Gambar 4.9 Hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan persentase adsorpsi RBBR pada pH 1 dan waktu kontak 45 menit.

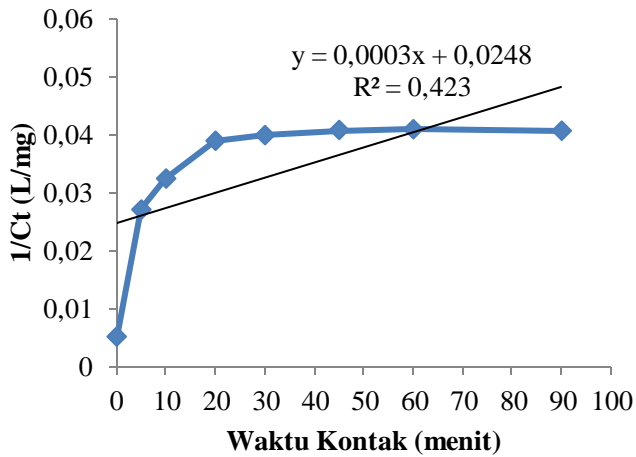
#### 4.4 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi ampas singkong dalam adsorpsi larutan *Remazol Brilliant Blue R* menyatakan adanya penyerapan adsorben pada adsorbat dengan waktu tertentu atau dapat diartikan sebagai laju perpindahan molekul adsorbat *Remazol Brilliant Blue R* dari larutan ke dalam pori-pori adsorben.

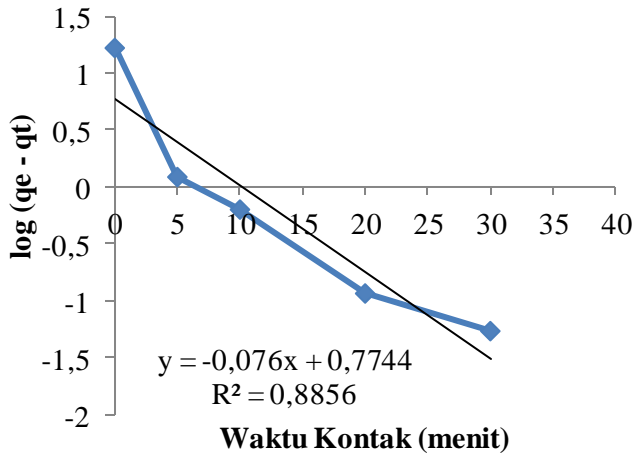
Tipe kinetika adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah orde satu, orde dua, orde satu semu dan orde dua semu. Kurva hasil plot data dari percobaan 3.2.4.2 ditunjukkan pada Gambar 4.10 hingga Gambar 4.13.



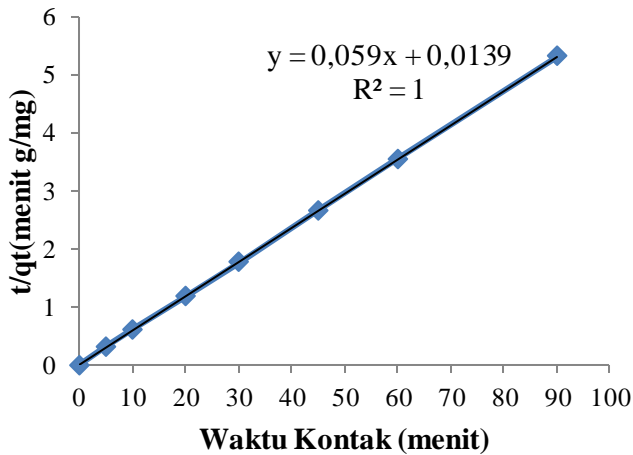
Gambar 4.10 Grafik kinetika adsorpsi orde satu pada adsorpsi RBBR



Gambar 4.21 Grafik kinetika adsorpsi orde dua pada adsorpsi RBBR



Gambar 4.12 Grafik kinetika adsorpsi orde satu semu pada adsorpsi RBBR



Gambar 4.13 Grafik kinetika adsorpsi orde dua semu pada adsorpsi RBBR

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dari grafik tersebut, dapat diketahui regresi dan persamaan linear untuk mengathui nilai konstanta masing-masing orde. Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan konstanta masing-masing orde beserta nilai regresi pada tiap-tiap grafik.

Tabel 4.2 Tabel nilai regresi dan konstanta kinetika adsorpsi RBBR

Tipe Kinetika Adsorpsi	Nilai Regresi	Konstanta Kinetika Adsorpsi
Orde satu	0,2992	0,012
Orde Dua	0,423	0,0003
Orde Satu Semu	0,423	0,175
Orde Dua Semu	0,8856	3,993

Berdasarkan beberapa pola grafik kinetika adsorpsi, pola yang paling sesuai pada adsorben ampas singkong untuk adsorpsi

*Remazol Brilliant Blue B* adalah mengikuti tipe kinetika orde dua semu dibandingkan tipe kinetika adsorpsi yang lain. Hal ini dikarenakan nilai regresi ( $R^2$ ) yaitu sebesar 1. Tipe kinetika ini sesuai dengan penelitian Jiang et al., (2013) yang menggunakan partikel kitosan berpori termodifikasi untuk adsorpsi RBBR dan Isah et al., (2015) untuk adsorpsi RBBR menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa. Kinetika adsorpsi orde dua semu menggambarkan jika adsorpsi terjadi diakibatkan pengaruh adsorben saja dan tidak diikuti pengaruh dari adsorbatnya.

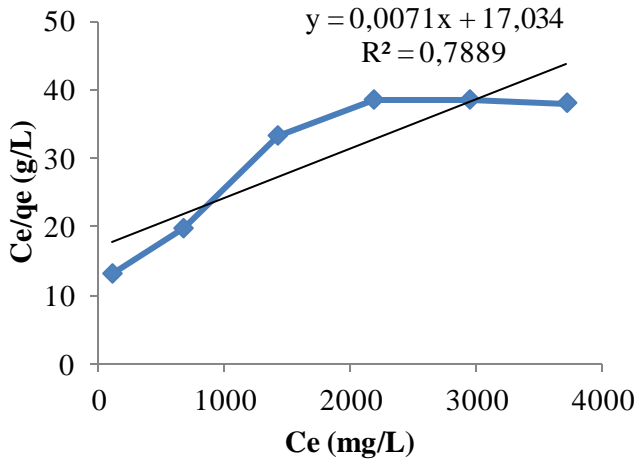
#### 4.5 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kemungkinan sifat dari adsorben, mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat dan mengetahui hubungan antara adsorben dengan adsorbatnya. Model Isoterm adsorpsi yang dipakai dalam penelitian ini adalah model isoterm Langmuir dan Freundlich. Data masing-masing isoterm berasal dari variasi konsentrasi menggunakan waktu optimum yang telah diperoleh yaitu 45 menit seperti pada percobaan 3.2.4.3. Grafik Langmuir dan Freundlich berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15.

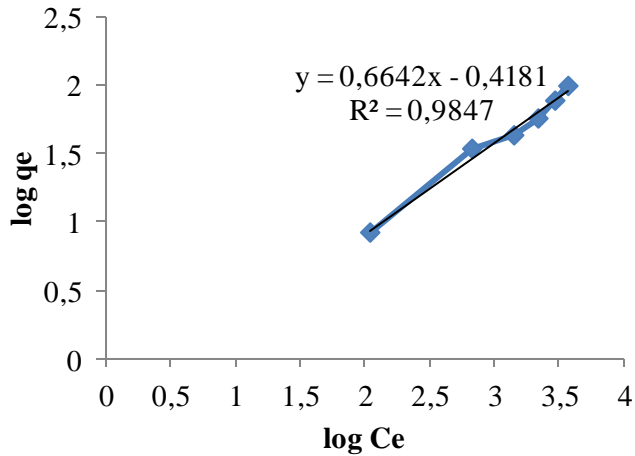
Berdasarkan Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 diperoleh persamaan regresi yang digunakan untuk menentukan parameter isotherm model Langmuir dan Freundlich. Hasil perhitungan pada Lampiran F dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Model Isoterm	Parameter	Nilai
Langmuir	$q_m$ (mg/g)	140,845
	$K_L$ (L/mg)	0,000042
	$R_2$	0,7889
Freundlich	$K_F$ (L/mg)	2,619
	$n$	1,506
	$R_2$	0,9847



Gambar 4.34 Grafik isoterm Langmuir pada adsorpsi RBBR



Gambar 4.15 Grafik isoterm Freundlich pada adsorpsi RBBR

Pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa kurva isoterm Langmuir lebih linear daripada kurva isoterm Freundlich, dengan nilai regresi masing- masing 0,7889

dan 0,9847. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan jika adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben ampas singkong ini mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai  $K_F$  sebesar 2,619 L/mg dan  $n$  sebesar 1,506 mg/g (Tabel 4.2). Model isoterm yang diperoleh sesuai dengan model isoterm pada penelitian yang dilakukan oleh Silva et al., (2016) dimana menggunakan karbon aktif mesopori dari endapan limbah industri pencucian untuk adsorpsi RRBR. Berdasarkan model isoterm Freundlich dapat diketahui jika molekul adsorbat membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorben. Hal ini diakibatkan sisi aktif permukaan adsorben terdistribusi secara heterogen. Adsorpsi ini berlangsung dengan cepat dan dapat bereaksi balik (*reversible*)

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Ampas singkong dapat digunakan sebagai adsorben dengan ukuran ayakan mesh 120 untuk adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dengan kadar air sebesar 4,174 %, luas permukaan adsorben 71,003 m<sup>2</sup>/g dan hasil FTIR yang mengindikasikan adanya gugus -OH, C-O, C-H dan N-H
2. Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben ampas singkong optimum pada pH 1 dengan persentase adsorpsi sebesar 86,768 %, waktu kontak 45 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 87,413 % dan konsentrasi awal 5000 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 97,884 mg/g.
3. Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben ampas singkong mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu dengan konstanta laju reaksinya sebesar 3,993 g/mg.menit dan isoterm Freundlich dengan nilai konstanta Freundlich ( $K_F$ ) sebesar 2,619 L/mg dan parameter intensitas freundlich (n) sebesar 1,506 mg/g.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah diharapkan ampas singkong dapat digunakan sebagai adsorben dengan tambahan aktivator tertentu untuk mengadsorpsi limbah logam berat dan zat warna selain *Remazol Brilliant Blue R*. Selain itu perlu adanya pengembangan parameter termodinamika dari adsorpsi zat warna selain *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan ampas singkong.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Ada, K ., Ergene, A., Tan, Sema dan Yalcin, E. (2009). Adsorption of Remazol Brilliant Blue R using ZnO fine powder : Equilibrium, kinetic and thermodynamic modeling studies. *Journal of Hazardous Materials*, 165, 637-644
- Ahmad, R. dan Kumar, R. (2010). Adsorption studies of hazardous malachite green onto treated ginger waste. *Journal of Environmental Management*, 91, 1032-1038
- Al Indis, N. Ulfir, I., Juwono, H. (2014). *Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif yang Terbuat dari Tempurung Biji Nyamplung*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Al-Anber, M. A. (2011). *Thermodynamics Approach In The Adsorption of Heavy Metals*. Jordan : Mu'tah University
- Allen, S. J dan Koumanova, B. ( 2005). Decolourization of Water/Wastewater Using Adsorption (Review) *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40, 3, 175-192
- Alrozi, R., Zaamanhuri, A. N., an Osman, M. S. (2012). Adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R from aqueous solutions by rambutan peel. *IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Researches*, 978-1-4673-1310-012
- Amalia, N. dan Ulfir, I. (2015). Pengaruh pH dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (Samanea saman). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4, (2)
- Anggraini, Y. (2013). Penurunan Kadar Ion Cd (II) dalam Larutan Menggunakan Biomassa dari Tempurung Biji Nyamplung (Studi Kinetika). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 1 (1), 1-3
- Atkins, P. W., (1999). *Kimia Fisika Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga

- Benefield, L. D. 1982. *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. New Jersey : Prentice-Hall Inc
- Chardialani, A. (2008). *Studi Pemanfaatan Onggok Sebagai Bio Immobilizer Mikroorganisme dalam Produksi Biogas dari Limbah Cair Industri Tapioka*. Bandar Lampung : Universitas Lampung
- Dagdelen, S., Acemioglu, B., Baran, E., Removal of Remazol Brilliant Blue R From Aqueous Solution by Pirina Pretreated with Nitric Acid and Commercial Activated Carbon. *Water Air Soil Pollut*, 225 : 1899
- Dewi, E. N. (2017). *Ekstraksi Pati Onggok Limbah Tapioka Dengan Perlakuan Awal Sonikasi dan Metode Alkali*. Surabaya : ITS
- Han, R., Ding, D., Xu, Y., Zou, W., Wang, Y., Li, Y., dan Zou, L. (2008). Use of rice husk for the adsorption of congo red from aqueous solution in column mode. *Bioresources Technology*, 99 (8) 2938-2946
- Hidayati, P., Ulfen, I. dan Juwono, H. ( 2016 ). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Nata de coco : Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5, 2.
- Hokkanen, S., Bhatnagar, A. dan Sillanpaa, M. (2016). A review on modification methods to cellulose-based adsorbents to improve adsorption capacity. *Water Research*, 91, 156-173
- Hunger. (2004). *Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications*. Germany : Wiley – VCH, 181–185
- Jankowska, H., Swiatkowski, A. dan Choma, J., (1991). *Active Carbon*. London : Ellis Horwood
- Jiang, X., Sun, Y., Liu, L., Wang, S., Tian, X. (2013). Adsorption of C.I. Reactive Blue 19 from aqueous solutions by porous particles of the grafted chitosan. *Chemical Engineering Journal*, 235, 151-57
- Karisma, R. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Adsorbat dan Ukuran Partikel Adsorben Pada Adsorben  $Cd^{2+}$  Menggunakan Biomassa dari Tempurung Biji Nyamplung*. Surabaya : ITS

- Kementrian Lingkungan Hidup. (2009). *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Pengolahan Tapioka*. Jakarta : Kementrian Negara Lingkungan Hidup RI
- Khan, M.A., Alam, M.M., Naushad, M., Alothman, Z.A., Kumar, M., Ahamad, T., 2015. Sol-gel assisted synthesis of porous nano-crystalline CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> composite and its application in the removal of brilliant blue-R from aqueous phase: an ecofriendly and economical approach. *Chemical Engineering Journal*, 279, 416–424
- Khopkar, S. M., (2003). *Konsep Kimia Analitik*. Jakarta : Universitas Indonesia Press
- Klemm, D. (1998). *Comprehensive Cellulose Chemistry. Volume I*. New York : Wiley-VCH
- Kurniawati, P., Wiyantoko, B. Kurniawan, A. Purbaningtiyas, T. E. (2013). Kinetic Study of Cr (VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Jurnal Eksakta UII*, 13 (1-2), 11-12
- Kusumawardhani, D. A. (2016). *Pemanfaatan Limbah Nasi Aking Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Lacerda, V., Sotelo, J., Guimaraes, A., Navarro, S., Bascones, M., Gracia, L., Ramos, P., dan Gil, J. (2015). Rhodamine B removal with activated carbons obtained from lignocellulosic waste. *Journal of Environment Management*, 155, 67-76
- Laksono, S. (2012). *Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter*. Depok : Universitas Indonesia
- Lehninger, A.L. (1982). *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta : Erlangga
- Li, H. X., Zhang, R., Tang, L., Zhang, J., Mao. (2014). Use of Cassava Residue for the Removal of Congo Red from Aqueous Solution by a Novel Process Incorporating Adsorption and *In Vivo* Decolorization. *Bioresources*, 9 (4), 6682-6698

- Li, H., Zhang, R., Tang, L., Zhang, J., Mao, Z. (2013). Manganese Peroxidase Production from Cassava Residue by *Phanerochaete chrysosporium* in Solid State Fermentation and Its Decolorization of Indigo Carmine. *Biotechnology and Bioengineering*, 0335
- Lopicic, Z. R., Stojanovic, M. D., Markovic, S. B., Milojkovic, J. V., Mihajlovic, M. L., Radoicic, T. S. K., Kijevcanin, M. L. J. (2016). Effects of different mechanical treatments on structural changes of lignocellulosic waste biomass and subsequent Cu(II) removal kinetics. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Lusiani, Ria. (2015). *Pemanfaatan Limbah Nasi Aking Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Minyak Jelantah*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Mafra, M. R., Mafra, I., Zuim, D. R., Vasques, C dan Ferreira, M. A. (2013). Adsorption Of Remazol Brilliant Blue On An Orange Peel Adsorbent. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 30, 657-665
- Mandasari, I., dan Purnomo, A. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Journal Teknik ITS*. 5 (1), 2337-3539
- Mc. Cash, E. M. (2001). *"Surface Chemistry"*. Oxford: Oxford University Press
- Nevell, T.P., and Zeronian, S.H. (1985). *Cellulose Chemistry and Its Applications*. Chicester : Ellis Herwood United
- Nicolet, T. (2001). *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. USA : Thermo Nicolet Corporation
- Nurhasni, H. dan Saniyyah, N. (2014). *Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah*. Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah
- Rouquerol, J., Rouquerol, F., Llewellyn, P., Maurin, G. dan Sing, K. (2013). *Adsorption by Powders and Porous Solids 2<sup>nd</sup> Edition, Principles, Methodology, and Applications*. USA : Elsevier
- Sari, I. P. dan Widiastuti, N. (2010). Adsorpsi Methylene Blue Dengan Abu Dasar PT. IPMOMI Probolinggo Jawa

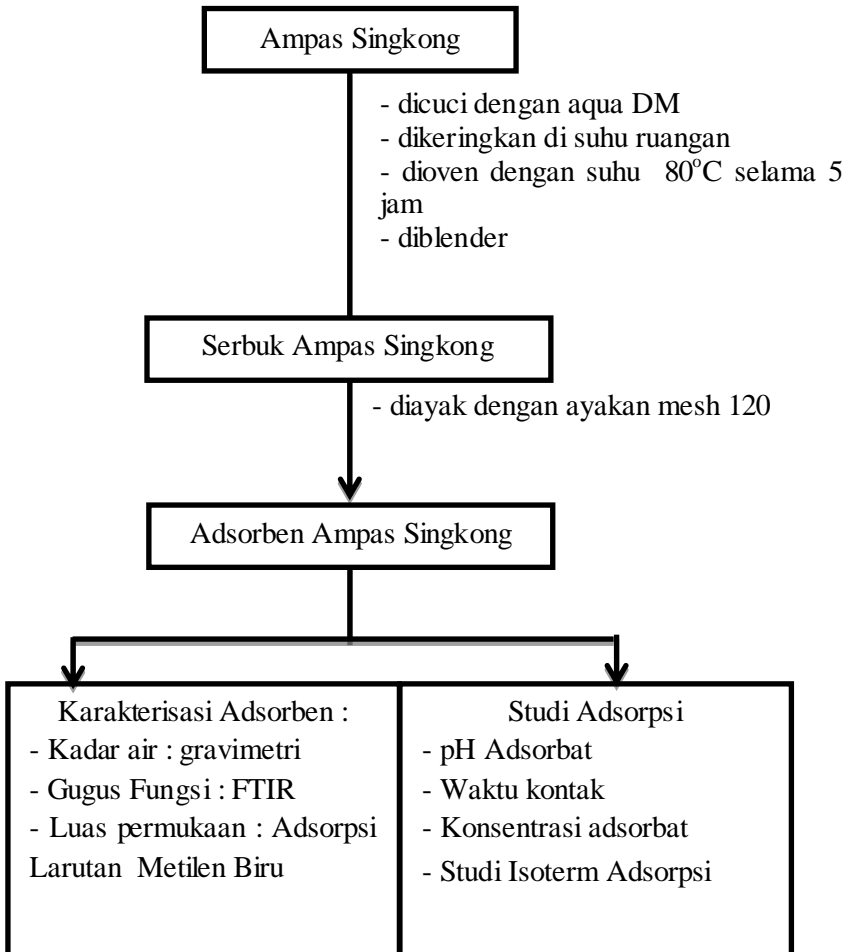
- Sastrohamidjojo, H., (2001). *Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty
- Sibilia, J. P. (1996). *A Guide to Materials Characterization and Chemical Analysis*. New York : Wiley-VCH
- Silva, T. L., Ronix, A., Pezoti, O., Souza, L. S., Leandro, P. K. T., Bedin, K. C., Beltrame, K. K., Cazetta, A. L. Ameida, V. C. (2016). Mesoporous activated carbon from industrial laundry sewage sludge: Adsorption studies of reactive dye Remazol Brilliant Blue R. *Chemical Engineering Journal*, 303, 467-476
- Srinivasan, A. dan Viraraghavan, T., (2010). Decolorization of Dye wastewater by Biosorbents : Review. *Journal Of Environmental Management*, 91, 1915-1929
- Subadra, I., Setiaji, B. dan Tahir, I., (2005). *Activated Carbon Production From Coconut Shell With  $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$  Activator As An Adsorbent In Virgin Coconut Oil Purification*, Yogyakarta : Universitas Gajah Mada
- Sugumaran, K. R., Jothi, P. dan Ponnusami, V. (2014). Bioconversion of industrial solid waste—Cassava bagasse for pullulan production in solid state fermentation. *Carbohydrate Polymers*, 99, 22- 30
- Sulistiyana. (2011). *Studi Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kesadahan) Menggunakan Selulosa Bakteri Nata de Coco dengan Metode Batch*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Wan Ngah, W. S., dan Hanafiah, M. A. K. M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresources Technology*, 99, 3935-3948
- Widiastuti, Y.I., Widiastuti, N., Nurlailis, H., Prasetyoko, D. dan Martak, F. (2010). *Adsorpsi Ammonium  $(\text{NH}_4^+)$  pada Zeolit-A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Wijaya, V. C., dan Ulfen, I. (2015). Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion  $\text{Cd}^{2+}$  dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif

- dari Biji Trembesi (*Samanea saman*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4 (2), 2337-3520
- Winarno, F. G., Fardiaz, S. dan Fardiaz, D. (1988). *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Xie, X., Xiong, H., Zhang, Y., Tong, Z., Liao, A., Qin, Z. (2017). Preparation magnetic cassava residue microspheres and its application for Cu(II) adsorption. *Journal of Enviornmental Chemical Engineering*, 5, 2800-2806
- Zhang, H., Tang, Y., Cai, D., Liu, X., Wang, X., Huang, Q., Yu, Z.(2010). Hexavalent chromium removal from aqueous solution by algal bloom residue derived activated carbon: Equilibrium and kinetic studies. *Journal of Hazardous Materials*, 181, 801-808
- Zhong, Z.Y., Yang, Q., Li, X. M., Luo, K., Liu, Y., Zeng, G. M. (2012). Preparation of peanut hull-based activated carbon by microwave-induced phosphoric acid activation and its application in Remazol Brilliant Blue R adsorption. *Industrial Corps and Products*, 37, 178-185



## LAMPIRAN A

### A. SKEMA KERJA



## **LAMPIRAN B**

### **B. PEMBUATAN LARUTAN DAN PERHITUNGAN**

#### **B.1 Pembuatan Larutan NaOH 1 M**

Padatan NaOH ditimbang menggunakan botol timbang sebanyak 4,005 gram. Kemudian padatan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan dengan aqua DM sampai tanda batas.

#### **B.2 Pembuatan Larutan NaOH 0,5 M**

Sebanyak 2,005 gram padatan NaOH dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan aqua DM hingga tanda batas

#### **B.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M.**

Sebanyak 10 mL NaOH 0,5 M dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

#### **B.4 Pembuatan Larutan HCl 2 M**

Sebanyak 8,3 mL HCl pekat dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

#### **B.5 Pembuatan Larutan HCl 1 M**

Sebanyak 8,3 mL HCl pekat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

#### **B.6 Pembuatan Larutan HCl 0,1 M**

Sebanyak 10 mL HCl 1 M dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

### **B.7 Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 100 mg/L**

Sebanyak 0,01 gram padatan metilen biru ditimbang menggunakan botol timbang. Kemudian dilarutkan dengan sedikit aqua DM, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas.

### **B.8 Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru**

Larutan standar untuk pembuatan kurva kalibrasi metilen biru terdiri dari konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 mg/L. Larutan standar dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk metileb blue 100 mg/L masing masing sebanyak 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mL Perhitungan :

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\100 \text{ ppm} \times V &= 5 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL} \\V &= 0,5 \text{ mL}\end{aligned}$$

Sebanyak 0,5 mL larutan metilen blue 100 mg/L dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan aqua DM sampai tanda batas.

### **B.9 Pembuatan Larutan Induk *Remazol Brilliant Blue R* 500 mg/L.**

Sebanyak 0,25 gram padatan *Remazol Brilliant Blue R* ditimbang menggunakan botol timbang. Kemudian dilarutkan dengan aqua DM, dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml dan ditambahkan dengan aqua DM hingga tanda batas.

### **B.10 Pembuatan Larutan Standar *Remazol Brilliant Blue R***

Larutan standar untuk pembuatan kurva kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R* terdiri dari konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 dan 120 mg/L. Larutan standar dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 500 mg/L masing masing sebanyak 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2 dan 2,4 mL.

## LAMPIRAN C

### C. HASIL KARAKTERISASI ADSORBEN

#### C.1 Analisa Kadar Air Adsorben

Adsorben dengan ukuran ayakan mesh 120 dioven pada suhu 80°C selama 1 jam. Kemudian adsorben diletakkan di desikator selama 15 menit. Perlakuan tersebut diulangi sampai mencapai massa yang konstan. Berikut perhitungan kadar air pada adsorben :

- m wadah : 29,846 g
- m adsorben : 1,0084 g
- m adsorben awal + wadah : 30,8544 g
- m adsorben akhir + wadah : 30,8123 g
- m adsorben akhir : 1,0084g-(30,8544 -30,8123) g  
: 0,9663 g
- Kadar air :  $\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\%$   
:  $\frac{1,0084 - 0,9663}{1,0084}$   
: 4,174 %

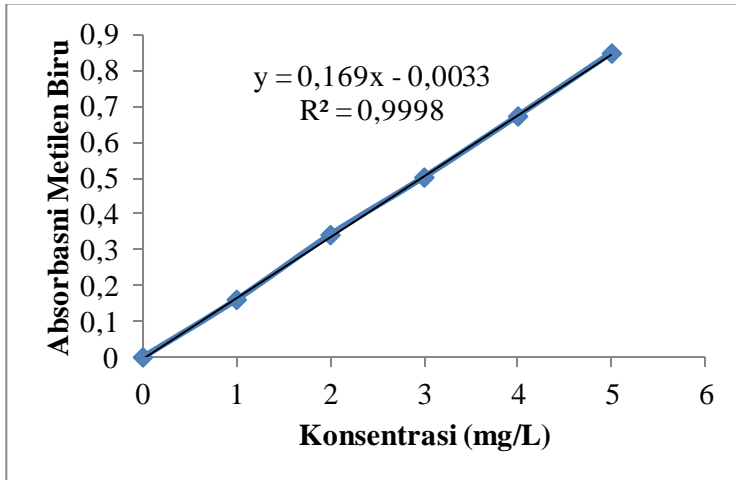
## C.2 Analisa Luas Permukaan Adsorben Menggunakan Adsorpsi Larutan Metilen Biru

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada larutan metilen biru 4 mg/L dengan panjang gelombang antara 500-700 nm. Kurva kalibrasi dibuat dengan menganalisa absorbansi larutan standar metilen biru dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 mg/L. Hasil panjang gelombang maksimum dan kurva kalibrasi metilen biru masing-masing dapat dilihat pada Gambar C.1 dan C.2.

Tabel C.1 Hasil pengukuran larutan standar menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Konsentrasi Metilen Biru (mg/L)	Absorbansi ( $\lambda=665$ )
0	0
1	0,16
2	0,34
3	0,5
4	0,67
5	0,845

Berdasarkan data pada Tabel C.1 dapat dibuat kurva kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar C.1 dengan persamaan liniernya yaitu  $y = 0,169x - 0,0033$  dengan nilai regresi sebesar 0,9998



Gambar C.1 Kurva kalibrasi metilen biru

Kemudian adsorben sebanyak 0,1 gram digunakan untuk adsorpsi larutan metilen biru dengan konsentrasi 100 mg/L selama 20 menit. Filtrat yang dihasilkan diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu 665 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan linier dari kurva kalibrasi untuk mendapatkan konsentrasi yang tidak teradsorpsi sehingga perhitungannya sebagai berikut :

$$y = 0,169x - 0,0033$$

$$0,547 = 0,169x - 0,0033$$

$$x = 3,217$$

$$C \text{ sisa} = 3,217 \text{ mg/L}$$

Perlakuan yang sama dilakukan pada pengulangan yang kedua sehingga diperoleh C teradsorpsi rata-rata seperti pada Tabel C.2

Tabel C.2 Pengulangan Adsorpsi Larutan Metilen Biru

Pengulangan	M (C Awal,mg/L)	C Terukur (mg/L)	FP	Mo (Csisa, mg/L)
1	99,497	3,217	1	3,217
2	99,497	3,187	1	3,187
		Mo Rata-Rata		3,202

Kemudian kapasitas adsorpsi metilen biru dihitung menggunakan persamaan seperti berikut :

$$q = \frac{M - Mo}{m} \times V$$

$$q = \frac{99,497 - 3,202}{0,1} \times 0,02 \text{ L}$$

$$q = \frac{96,294 \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$q = 19,182 \text{ mg/g} \approx 0,0192 \text{ g/g}$$

Sehingga luas permukaan adsorben ampas singkong setiap gramnya dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{0,0192 \text{ g/g} \times 6,022 \times 10^{-23} \text{ mol}^{-1} \times 197 \times 10^{-20} \text{ m}^2}{320,5 \text{ g/mol}}$$

$$S = 71,003 \text{ m}^2/\text{g}$$

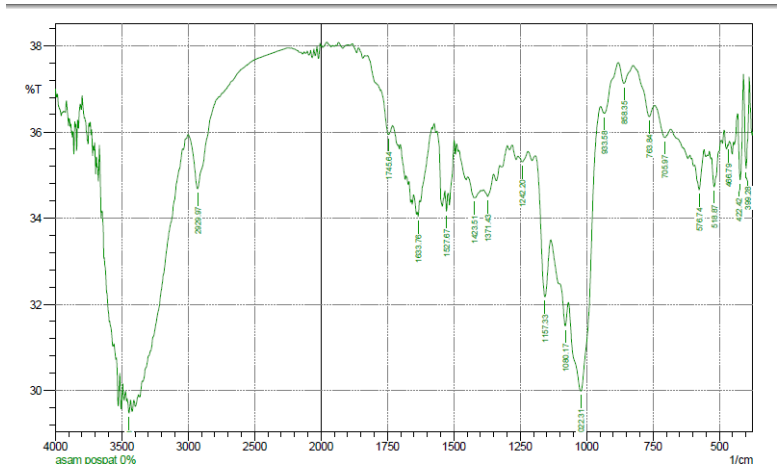
### C.3 Hasil Karakterisasi FTIR Adsorben Ampas Singkong

Hasil pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR pada adsorben ampas singkong sebelum dan setelah adsorpsi pada zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dapat dilihat pada Gambar C.2 (a) dan C.2 (b)

Tabel C.3 Hasil Identifikasi Gugus Fungsi Sebelum dan Setelah Adsorpsi

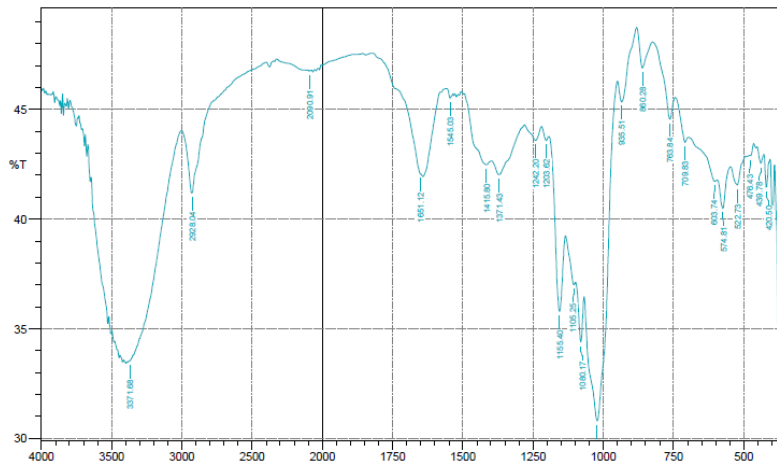
Identifikasi Gugus Fungsi	Sebelum Adsorpsi		Setelah Adsorpsi	
	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	% T	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	% T
OH dan N-H <i>stretching</i>	3444,98	29,472	3371,68	33,53
C-H <i>stretching</i> dari CH, CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub>	2929,97	34,684	2928,04	41,182
N-H <i>bending</i> C=O <i>stretching</i>	1633,76	34,03	1651,12	42,057
C-H <sub>2</sub> <i>bending</i>	1423,51	34,474	1415,8	42,486
C-N <i>stretching</i>	1242,2	35,308	1242,2	43,586
C-O <i>stretching</i>	1022,31	29,98	1022,31	30,801





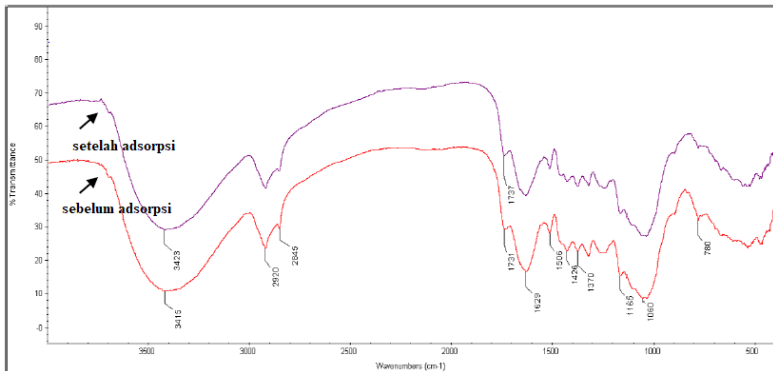
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	399.28	35.153	2.159	408.92	387.7	9.413	0.328
2	422.42	34.886	1.915	432.07	408.92	10.335	0.306
3	466.79	35.68	0.051	468.72	462.93	2.587	0.002
4	518.87	34.731	0.732	530.44	503.44	12.288	0.134
5	576.74	34.648	0.741	592.17	557.45	15.813	0.158
6	705.97	35.871	0.405	742.62	682.82	26.433	0.144
7	763.84	36.357	0.495	825.56	742.62	35.894	0.153
8	858.35	37.124	0.457	881.5	825.56	23.92	0.141
9	933.58	36.432	0.369	947.08	881.5	28.366	0.122
10	1022.31	29.98	3.763	1066.67	949.01	57.93	3.209
11	1080.17	31.494	0.704	1101.39	1068.6	16.245	0.133
12	1157.33	32.17	2.08	1193.98	1134.18	28.353	0.884
13	1242.2	35.308	0.178	1259.56	1220.98	17.399	0.044
14	1371.43	34.5	0.32	1388.79	1350.22	17.749	0.082
15	1423.51	34.474	0.036	1448.59	1421.58	12.409	0.002
16	1527.67	34.15	0.459	1533.46	1521.89	5.365	0.032
17	1633.76	34.03	0.227	1637.62	1627.97	4.495	0.011
18	1745.64	35.94	0.495	1774.57	1730.21	19.513	0.126
19	2929.97	34.684	1.446	3001.34	2251	324.159	-0.432
20	3444.98	29.472	0.321	3458.48	3433.41	13.247	0.061

Gambar C.2 (a) Hasil Spektra FTIR Adsorben Ampas Singkong Sebelum Adsorpsi



Gambar C.2 (b) Hasil Spektra FTIR Adsorben Ampas Singkong Setelah Adsorpsi

#### C.4 Hasil Karakterisasi FTIR Pembanding Adsorben Ampas Singkong



Gambar C.3 Hasil Spektra FTIR Pembanding (Li et al., 2014)  
Adsorben Ampas Singkong

## LAMPIRAN D

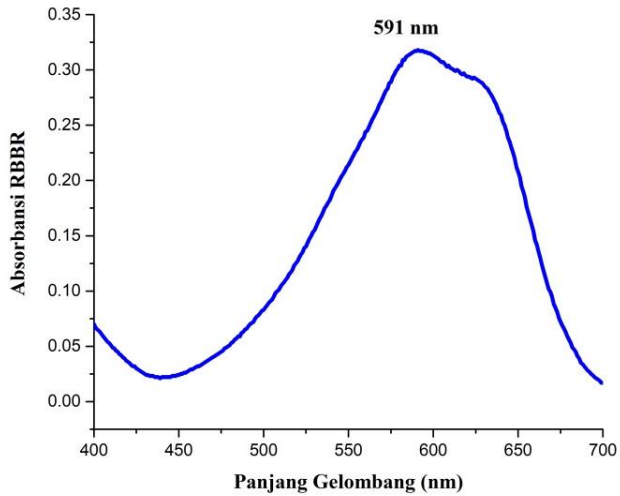
### D. KURVA KALIBRASI REMAZOL BRILLIANT BLUE R

#### D.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) Remazol Brilliant Blue R (RBBR)

Penentuan panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Blue R* dilakukan menggunakan spektrofotometer UV Vis dengan panjang gelombang 400-700 nm pada konsentrasi 50 mg/L. Hasil panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada Gambar D.1 dan Tabel D.1 menunjukkan absorbansi tiap-tiap panjang gelombang.

Tabel D.1 Data Absorbansi *Remazol Brilliant Blue R* Pada Masing-Masing Panjang Gelombang

Panjang Gelombang RBBR (nm)	Absorbansi
585	0,313
586	0,314
587	0,315
588	0,316
589	0,317
590	0,317
591	0,318
592	0,317
593	0,317
594	0,317
595	0,316



Gambar D.1 Panjang Gelombang Maksimum RBBR Pada Konsentrasi 50 mg/L

Berdasarkan Gambar D.1 dan Tabel D.1 didapatkan panjang gelombang maksimumnya terletak di 591 nm dengan absorbansi nya 0,318.

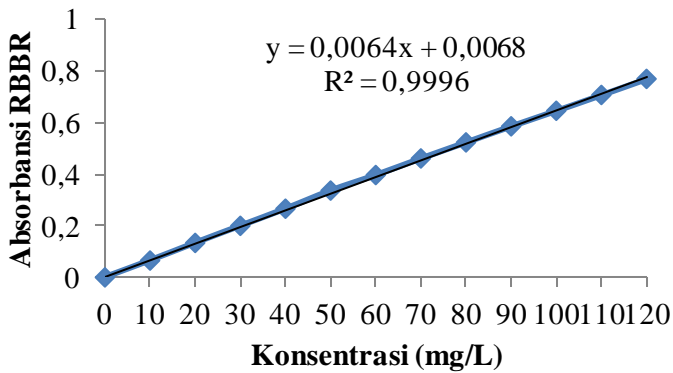
## D.2 Penentuan Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R (RBBR)*

Setelah diperoleh nilai panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Blue R* dibuat kurva kalibrasi pada larutan standar dengan konsentrasi 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; dan 120 mg/L. Absorbansi pada masing-masing larutan standar *Remazol Brilliant Blue* dapat dilihat pada Tabel D.2. Data pada Tabel D.2 dibuat hubungan antara konsentrasi (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y). Grafik kurva standar ditunjukkan pada Gambar D.2.

Tabel D.2 Data Absorbansi *Remazol Brilliant Blue R* Pada Larutan Standar dengan Panjang Gelombang ( $\lambda$ ) 591nm.

Konsentrasi RBBR (mg/L)	Absorbansi ( $\lambda=591\text{nm}$ )
0	0
10	0,065
20	0,133
30	0,199
40	0,265
50	0,335
60	0,395
70	0,459
80	0,521
90	0,583
100	0,643
110	0,704
120	0,766

### Kurva Kalibrasi RBBR



Gambar D.2 Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

Berdasarkan grafik yang diperoleh dengan persamaan  $y = 0,0064x + 0,0068$  dengan regresinya sebesar 0,9996. Kemudian persamaan ini akan digunakan dalam perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R* dalam masing-masing variasi pada proses adsorpsi.

## LAMPIRAN E

### E. ANALISA DATA HASIL ADSORPSI PADA TIAP VARIASI

#### E.1 Perhitungan Konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R*

Data absorbansi yang didapatkan dalam berbagai variasi pada proses adsorpsi dihitung menggunakan persamaan  $y = 0,0064x + 0,0068$  (Gambar D.2). Pada variasi pH dengan pH 5 didapatkan nilai absorbansi sebesar 0,227. Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}y &= 0,0064x + 0,0068 \\0,227 &= 0,0064x + 0,0068 \\0,227 - 0,0068 &= 0,0064x \\x &= \frac{0,227 - 0,0068}{0,0064} \\x &= 34,406 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Nilai x hasil perhitungan diatas adalah konsentrasi terukur (C terukur). Karena larutan terlalu pekat, sehingga dilakukan pengenceran sebanyak 5x. Sehingga untuk mendapatkan konsentrasi yang tersisa digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}C \text{ sisa} &= C \text{ terukur} \times \text{Faktor Pengenceran (FP)} \\&= 34,406 \times 5 \\&= 172,031 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Kemudian dari perhitungan di atas dapat dihitung konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R* yang teradsorp dari larutan awalnya sebesar 198,9831 mg/L. Sehingga perhitungannya :

$$\begin{aligned}C \text{ teradsorp} &= C \text{ awal} - C \text{ sisa} \\&= 198,9831 - 172,031 \\&= 26,9521 \text{ mg/L}.\end{aligned}$$



## E.2 Persentase Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*

Setelah didapatkan nilai C awal dan C teradsorp dapat diketahui persentase zat warna *Remazol Brilliant Blue R* yang teradsorp menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\% \text{ Adsorpsi} &= \frac{C_{\text{teradsorp}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \\ &= \frac{26,562}{198,593} \times 100 \\ &= 13,375 \%\end{aligned}$$

Perhitungan persentase hasil adsorpsi masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel E.1 hingga E.3

## E.3 Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi dari *Remazol Brilliant Blue R* dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}q &= \frac{C_{\text{teradsorp}}}{\text{massa}} \times \text{volume} \\ &= \frac{26,562}{0,2005} \times 0,02 \text{ L} \\ &= 2,649 \text{ mg/g}\end{aligned}$$

Perhitungan hasil kapasitas adsorpsi ampas singkong masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel E.4 hingga E.6

E.1 Tabel Persentase Adsorpsi RBBR Variasi pH

pH	C Awal (mg/L)	Absorbansi	C Terukur (mg/L)	FP	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi	% Adsorpsi rata-rata
1	193,906	0,154	23	1	23	170,906	88,138	86,768
	193,906	0,188	28,312	1	28,312	165,593	85,398	
2	197,031	0,29	44,25	1	44,25	152,781	77,541	77,779
	197,031	0,284	43,312	1	43,312	153,718	78,017	
3	199,375	0,458	70,5	1	70,5	128,875	64,639	64,521
	199,375	0,461	70,969	1	70,968	128,406	64,404	
4	198,593	0,456	70,187	2	140,375	58,218	29,315	30,180
	198,593	0,445	68,468	2	136,937	61,656	31,046	
5	198,593	0,227	34,406	5	172,031	26,562	13,375	13,768
	198,593	0,225	34,094	5	170,468	28,125	14,162	
6	197,031	0,222	33,625	5	168,125	28,906	14,670	13,877
	197,031	0,226	34,25	5	171,25	25,781	13,084	
7	197,812	0,216	32,687	5	163,437	34,375	17,377	15,995
	197,812	0,223	33,781	5	168,906	28,906	14,612	
8	197,031	0,226	34,25	4	137	60,031	30,467	24,916

	197,031	0,261	39,71875	4	158,875	38,156	19,365	
9	197,812	0,244	37,0625	4	148,25	49,562	25,055	25,687
	197,812	0,24	36,4375	4	145,75	52,062	26,319	
10	198,593	0,23	34,875	4	139,5	59,093	29,756	28,811
	198,593	0,236	35,8125	4	143,25	55,343	27,867	

E.2 Tabel Persentase Adsorpsi RBBR Variasi Waktu Pengadukan

Waktu (Menit)	C Awal (mg/L)	Absorbansi	C Terukur (mg/L)	FP	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi	% Adsorpsi rata-rata
5	193,906	0,246	37,375	1	37,375	156,531	80,725	80,966
	193,906	0,24	36,437	1	36,437	157,468	81,208	
10	193,906	0,202	30,5	1	30,5	163,406	84,27	84,109
	193,906	0,206	31,125	1	31,125	162,781	83,948	
20	193,906	0,154	23	1	23	170,906	88,138	86,768
	193,906	0,188	28,312	1	28,3125	165,593	85,398	
30	193,906	0,166	24,875	1	24,875	169,031	87,171	87,091
	193,906	0,168	25,187	1	25,1875	168,718	87,01	
45	193,906	0,158	23,625	1	23,625	170,281	87,816	87,413
	193,906	0,168	25,187	1	25,187	168,718	87,01	
60	193,906	0,165	24,718	1	24,718	169,187	87,252	87,373
	193,906	0,162	24,25	1	24,25	169,656	87,493	
90	193,906	0,16	23,937	1	23,937	169,968	87,655	87,332
	193,906	0,168	25,187	1	25,187	168,718	87,01	

E.3 Tabel Persentase Adsorpsi RBBR Variasi Konsentrasi

Konsentrasi (mg/L)	C Awal (mg/L)	Absorbansi	C Terukur (mg/L)	FP	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi	% Adsorpsi rata-rata
200	193,906	0,143	21,281	5	106,406	87,5	45,124	43,311
	193,906	0,152	22,687	5	113,437	80,468	41,498	
1000	1017,5	0,443	68,156	10	681,562	335,937	33,015	33,707
	1017,5	0,434	66,75	10	667,5	350	34,398	
2000	1853,75	0,467	71,906	20	1438,12	415,625	22,420	23,179
	1853,75	0,458	70,5	20	1410	443,75	23,937	
3000	2758,59	0,568	87,687	25	2192,18	566,406	20,532	20,674
	2758,59	0,566	87,375	25	2184,37	574,218	20,815	
4000	3720	0,478	73,625	40	2945	775	20,833	20,665
	3720	0,48	73,937	40	2957,5	762,5	20,497	
5000	4706,25	0,482	74,25	50	3712,5	993,75	21,115	20,866
	4706,25	0,485	74,718	50	3735,93	970,312	20,617	

E.4 Tabel Kapasitas Adsorpsi RBBR Variasi pH

pH	Massa (gram)	Volume (L)	C Awal (mg/L)	C Terukur (mg/L)	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	Q (mg/g)	Q rata-rata (mg/g)
1	0,2005	0,02	193,906	23	23	170,906	17,048	16,774
	0,2007	0,02	193,906	28,312	28,3125	165,593	16,501	
2	0,2007	0,02	197,031	44,25	44,25	152,781	15,224	15,275
	0,2006	0,02	197,031	43,312	43,312	153,718	15,325	
3	0,2003	0,02	199,375	70,5	70,5	128,875	12,86	12,841
	0,2004	0,02	199,375	70,968	70,968	128,406	12,815	
4	0,2009	0,02	198,593	70,187	140,375	58,218	5,795	5,966
	0,2009	0,02	198,593	68,468	136,937	61,656	6,138	
5	0,2005	0,02	198,593	34,406	172,031	26,562	2,649	2,726
	0,2007	0,02	198,593	34,093	170,468	28,125	2,802	
6	0,2009	0,02	197,031	33,625	168,125	28,906	2,877	2,725
	0,2004	0,02	197,031	34,25	171,25	25,781	2,572	
7	0,2002	0,02	197,812	32,687	163,437	34,375	3,434	3,159
	0,2004	0,02	197,812	33,781	168,906	28,906	2,884	
8	0,2002	0,02	197,031	34,25	137	60,031	5,997	4,905

	0,2001	0,02	197,0313	39,718	158,875	38,156	3,813	
9	0,2004	0,02	197,812	37,062	148,25	49,562	4,946	5,067
	0,2007	0,02	197,812	36,437	145,75	52,062	5,188	
10	0,2006	0,02	198,593	34,875	139,5	59,093	5,891	5,711
	0,2001	0,02	198,593	35,81	143,25	55,343	5,531	

E.5 Tabel Kapasitas Adsorpsi RBBR Variasi Waktu Pengadukan

Waktu (Menit)	Massa (gram)	Volume (L)	C Awal (mg/L)	C Terukur (mg/L)	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	Q (mg/g)	Q rata-rata (mg/g)
5	0,2007	0,02	193,906	37,375	37,375	156,531	15,598	15,641
	0,2008	0,02	193,906	36,437	36,437	157,468	15,684	
10	0,2008	0,02	193,906	30,5	30,5	163,406	16,275	16,24
	0,2009	0,02	193,906	31,125	31,125	162,781	16,205	
20	0,2008	0,02	193,906	23	23	170,906	17,022	16,762
	0,2007	0,02	193,906	28,312	28,312	165,593	16,501	
30	0,2009	0,02	193,906	24,875	24,875	169,031	16,827	16,824
	0,2006	0,02	193,906	25,187	25,187	168,718	16,821	
45	0,2008	0,02	193,906	24,718	24,718	169,187	16,851	16,878
	0,2007	0,02	193,906	24,25	24,25	169,656	16,906	
60	0,2008	0,02	193,906	23,625	23,625	170,281	16,96	16,89
	0,2006	0,02	193,906	25,187	25,187	168,718	16,821	
90	0,2008	0,02	193,906	23,937	23,937	169,968	16,929	16,879
	0,2005	0,02	193,906	25,187	25,187	168,718	16,829	



E.6 Tabel Kapasitas Adsorpsi RBBR Variasi Konsentrasi

Konsentrasi (mg/L)	Massa (gram)	Volume (L)	C Awal (mg/L)	C Terukur (mg/L)	C sisa (mg/L)	C Teradsorp (mg/L)	Q (mg/g)	Q rata-rata (mg/g)
200	0,2009	0,02	193,906	21,281	106,406	87,5	8,710	8,360
	0,2009	0,02	193,906	22,687	113,437	80,468	8,010	
1000	0,2009	0,02	1017,5	68,156	681,562	335,937	33,443	34,151
	0,2008	0,02	1017,5	66,75	667,5	350	34,860	
2000	0,2008	0,02	1853,75	71,906	1438,12	415,625	41,396	42,797
	0,2008	0,02	1853,75	70,5	1410	443,75	44,198	
3000	0,2007	0,02	2758,59	87,687	2192,18	566,406	56,443	56,818
	0,2008	0,02	2758,59	87,375	2184,37	574,218	57,193	
4000	0,2007	0,02	3720	73,625	2945	775	77,229	76,606
	0,2007	0,02	3720	73,937	2957,5	762,5	75,984	
5000	0,2008	0,02	4706,25	74,25	3712,5	993,75	98,979	97,884
	0,2005	0,02	4706,25	74,718	3735,93	970,312	96,789	

## LAMPIRAN F

### F. KINETIKA ADSORPSI

#### F.1 Penentuan Orde Satu dan Orde Dua

Perhitungan kinetika adsorpsi RBBR orde satu dan Orde dua didasarkan pada nilai C sisa yang diperoleh pada variasi waktu kontak pada Tabel E.2 dan Tabel E.3. Data yang digunakan adalah C sisa saat waktu t yang dirata-rata sebagai Ct. Perhitungan orde satu menggunakan nilai 1/Ct dan perhitungan orde dua menggunakan nilai ln Ct. Adsorpsi dilakukan pada larutan dengan volume 20 mL dengan waktu kontak 5 menit pada larutan *Remazol Brilliant Blue R* konsentrasi 200 mg/L, kemudian diperoleh nilai Ct sebesar 36,906 mg/L, sehingga nilai ln Ct dan 1/Ct dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\ln Ct &= \ln 36,906 \\ &= 3,608 \\ \frac{1}{C_t} &= \frac{1}{36,906} \\ &= 0,027 \text{ (L/mg)}\end{aligned}$$

Perhitungan juga dilakukan pada variasi waktu lain yang digunakan, sehingga diperoleh hasilnya seperti pada Tabel F.1 berikut.

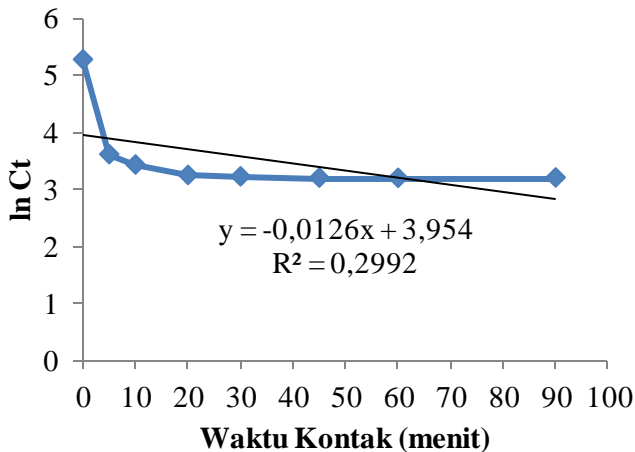
Tabel F.1 Data hasil orde satu dan orde dua

Waktu Kontak (menit)	Ct (mg/L)	ln C	1/Ct (L/mg)
0	193,906	5,267374	0,005157
5	36,906	3,608381	0,027096
10	30,812	3,42792	0,032454
20	25,656	3,244787	0,038977
30	25,031	3,220125	0,03995
45	24,484	3,198035	0,040842
60	24,406	3,194839	0,040973
90	24,562	3,201221	0,040712

Kemudian dibuat grafik orde satu dengan memplotkan hubungan antara waktu kontak sebagai sumbu x dan ln Ct sebagai sumbu y. Gambar F.1 menunjukkan grafik orde satu yang diperoleh dengan nilai regresi sebesar 0,2992. Kemudian didapatkan persamaan  $y = -0,0126x + 3,954$ . Konstanta laju adsorpsi orde satu berupa nilai k dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$\ln Ct = \ln Co - kt$$

Sehingga melalui *slope* grafik diperoleh nilai k yaitu sebesar 0,012.

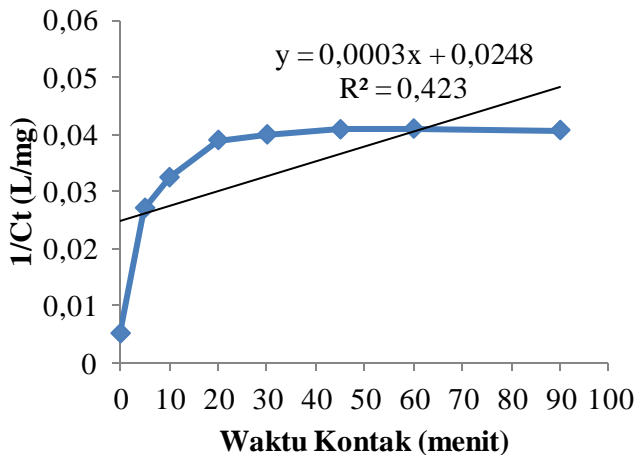


Gambar F.1 Grafik kinetika adsorpsi orde satu pada adsorpsi RBBR

Kemudian grafik orde dua dibuat dengan memplotkan hubungan antara waktu kontak sebagai sumbu x dan  $1/C_t$  sebagai sumbu y. Gambar F.2 menunjukkan grafik orde dua yang diperoleh dengan nilai regresi sebesar 0,423. Kemudian didapatkan persamaan  $y = 0,0003x + 0,0248$ . Konstanta laju adsorpsi orde dua berupa nilai k dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_o} + kt$$

Sehingga melalui *slope* grafik diperoleh nilai k yaitu sebesar 0,0003.



Gambar F.2 Grafik kinetika adsorpsi orde dua pada adsorpsi RBBR

## F.2 Penentuan Orde Satu Semu

Perhitungan kinetika adsorpsi RBBR orde satu semu didasarkan pada nilai  $C_{\text{sis}}$  yang diperoleh pada variasi waktu kontak pada Tabel E.2 dan Tabel E.5. Data yang digunakan adalah  $C_{\text{sis}}$  saat waktu  $t$  yang dirata-rata sebagai  $C_t$  dan  $C_{\text{sis}}$  yang dirata-rata saat kesetimbangan sebagai  $C_e$ .

Sebanyak 20 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R* konsentrasi 200 mg/L diadsorpsi menggunakan adsorben sebanyak 0,2 gram dengan waktu selama 5 menit. Kemudian diperoleh  $C_{\text{sis}}$  sebanyak 37,375 dan 36,437 mg/L dan  $C_t$  sebanyak 36,906 mg/L. Selanjutnya dihitung nilai  $q_t$  sebagai banyaknya adsorbat *Remazol Brilliant Blue R* yang teradsorpsi oleh adsorben dalam waktu  $t$  menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 q_t &= \frac{(C_0 - C_t)}{m} \times V \\
 &= \frac{(193,906 - 36,906)}{0,2007} \times 0,02 \text{ L} \\
 &= 15,641 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Nilai konsentrasi sisa saat kesetimbangan ( $C_e$ ) diperoleh sebesar 24,718 dan 24,25 mg/L sehingga diperoleh  $C_e$  rata-rata sebesar 24,484 mg/L. Kemudian banyaknya adsorbat *Remazol Brilliant Blue R* yang teradsorpsi oleh adsorben saat kesetimbangan dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(193,906 - 24,484)}{0,2008} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 16,878 \text{ mg/g}$$

Setelah dihitung kapasitas adsorpsi saat waktu  $t$  dan kapasitas adsorpsi saat waktu kesetimbangan dapat ditentukan nilai ( $q_e - q_t$ ) dan  $\log (q_e - q_t)$

$$q_e - q_t = 16,878 - 15,641$$

$$= 1,237 \text{ mg/g}$$

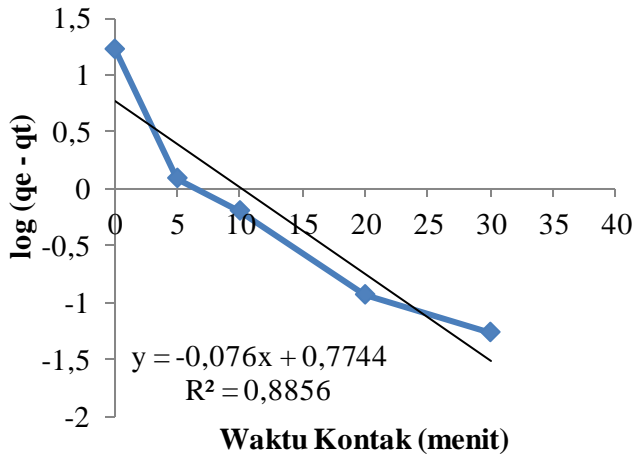
$$\log (q_e - q_t) = \log (1,237)$$

$$= 3,686$$

Perhitungan juga dilakukan pada variasi waktu lain yang digunakan, sehingga diperoleh hasilnya seperti pada Tabel F.2 berikut.

Tabel F.2 Data Hasil Orde Satu Semu

Waktu (menit)	$C_t$ (mg/L)	$q_t$ (mg/g)	$q_e$ (mg/g)	$q_e - q_t$ (mg/g)	Log ( $q_e - q_t$ )
0	193,90	0	16,878	16,878	1,227
5	36,906	15,641	16,878	1,237	0,092
10	30,812	16,240	16,878	0,638	-0,194
20	25,656	16,762	16,878	0,116	-0,932
30	25,031	16,824	16,878	0,054	-1,263
45	24,484	16,878	16,878	0	#NUM!
60	24,406	16,890	16,878	-0,01195	#NUM!
90	24,562	16,879	16,878	-0,00058	#NUM!



Gambar F.3 Grafik kinetika adsorpsi orde satu semu pada adsorpsi RBBR

Gambar F.3 menunjukkan grafik orde satu semu yang diperoleh dengan nilai regresi sebesar 0,8856. Kemudian didapatkan persamaan  $y = -0,076x + 0,7744$ . Konstanta laju adsorpsi orde satu semu berupa nilai  $k$  dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$\log (q_e - q_t) = \log (q_e) - \frac{k}{2,303} t$$

Berdasarkan *slope* grafik diperoleh nilai  $k$  melalui persamaan berikut

$$-\frac{k}{2,303} = - 0,076$$

$$k = 0,175$$

### F.3 Penentuan Orde Dua Semu

Perhitungan kinetika adsorpsi RBBR orde dua semu didasarkan pada nilai  $C_{\text{sis}}$  yang diperoleh pada variasi waktu kontak pada Tabel E.2 dan Tabel E.5. Data yang digunakan adalah  $C_{\text{sis}}$  saat waktu  $t$  yang dirata-rata sebagai  $C_t$  dan  $C_{\text{sis}}$  yang dirata-rata saat kesetimbangan sebagai  $C_e$ .

Sebanyak 20 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R* konsentrasi 200 mg/L diadsorp menggunakan adsorben sebanyak 0,2 gram dengan waktu selama 5 menit. Kemudian diperoleh qt sebesar 15,641 mg/g dan dapat dihitung nilai t/qt seperti berikut :

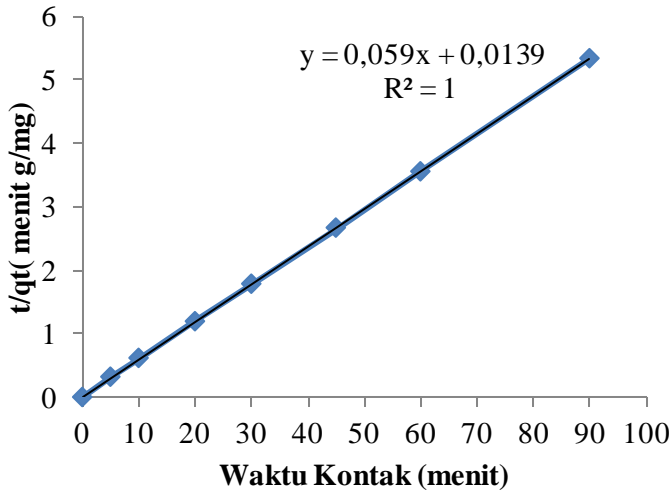
$$\frac{t}{qt} = \frac{5}{15,641} \\ = 0,3196$$

Perhitungan juga dilakukan pada variasi waktu lain yang digunakan seperti pada Tabel F.3.

Tabel F.3 Data Hasil Orde Dua Semu

Waktu Pengadukan (menit)	qt (mg/g)	t/qt (menit g/mg)
0	0	tidak terdefinisi
5	15,641	0,319673
10	16,24	0,615764
20	16,762	1,193175
30	16,824	1,783167
45	16,878	2,666193
60	16,89	3,552398
90	16,879	5,332069





Gambar F.4 Grafik kinetika adsorpsi orde dua semu pada adsorpsi RBBR

Gambar F.4 menunjukkan grafik orde dua semu yang diperoleh dengan nilai regresi sebesar 1. Kemudian didapatkan persamaan  $y = 0,059x + 0,0139$ . Konstanta laju adsorpsi orde dua semu berupa nilai  $k$  dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Sehingga diperoleh nilai  $q_e$  terlebih dahulu melalui perhitungan berikut :

$$\frac{1}{q_e} = 0,059$$

$$q_e = 16,949$$

Berdasarkan *intercept* grafik diperoleh nilai  $k$  seperti perhitungan berikut :

$$\frac{1}{k q_e^2} = 0,0139$$

$$\frac{1}{k (16,949)^2} = 0,0139$$

$$k = 3,993$$

## LAMPIRAN G

### G. ISOTHERM ADSORPSI RBBR

#### G.1 Penentuan Isoterm Adsorpsi Langmuir

Perhitungan konstanta adsorpsi RBBR pada isoterm langmuir didasarkan pada nilai  $C_e$  yang diperoleh pada variasi konsentrasi adsorbat pada Tabel E.3.

Pada variasi konsentrasi menggunakan konsentrasi awal sebesar 193,91 mg/L. Setelah dilakukan adsorpsi dengan volume 20 mL diperoleh konsentrasi sisa ( $C_e$ ) sebesar 106,406 dan 113,437 mg/L sehingga diperoleh konsentrasi sisa rata-rata ( $C_e$  rata-rata) sebesar 109,921 mg/L. Kemudian nilai kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) sebagai jumlah molekul RBBR yang teradsorpsi saat kesetimbangan dihitung menggunakan nilai konsentrasi sisa rata-rata ( $C_e$  rata-rata) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{V} \times V \\ &= \frac{(193,91 - 109,921)}{0,2009} \times 0,02 \\ &= 8,361 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

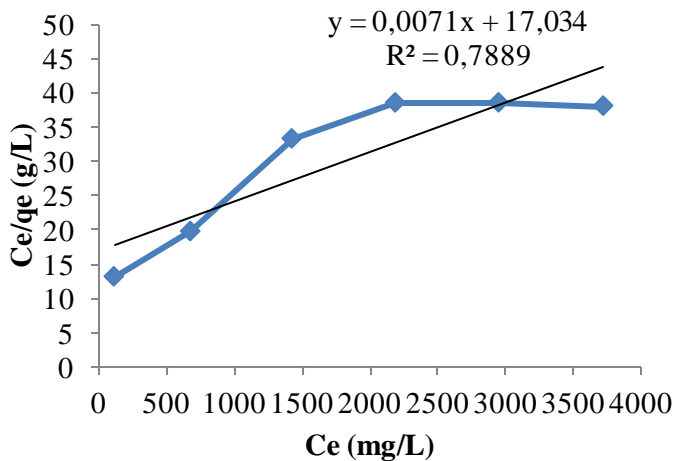
Setelah diperoleh nilai  $q_e$  dapat dihitung nilai  $C_e/q_e$ . Dalam grafik Langmuir  $C_e$  sebagai sumbu x dan  $C_e/q_e$  sebagai sumbu y. Nilai  $C_e/q_e$  diperoleh menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{C_e}{q_e} &= \frac{109,921}{8,361} \\ \frac{C_e}{q_e} &= 13,147 \end{aligned}$$

Perhitungan seperti diatas juga dilakukan pada variasi konsentrasi RBBR lainnya sehingga akan diperoleh hasil perhitungan yang akan digunakan dalam pembuatan grafik *langmuir* seperti pada Tabel F.1

Tabel G.1 Data Variasi Konsentrasi RBBR dan Hasil Penentuan Isoterm Langmuir

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	Ce/qe (g/L)
193,906	109,922	8,361	13,147
1017,5	674,531	34,152	19,751
1853,75	1424,062	42,798	33,274
2758,594	2188,281	56,818	38,514
3720	2951,25	76,607	38,525
4706,25	3724,219	97,884	38,047



Gambar G.1 Grafik isoterm Langmuir pada adsorpsi RBBR

Gambar G.1 menunjukkan grafik isoterm langmuir. Grafik dibuat dengan memplotkan  $q_e$  sebagai sumbu x dan  $C_e/q_e$  sebagai sumbu y yang terdapat pada Tabel G.1. Pada Gambar F.1 diperoleh persamaan  $y = 0,0071x + 17,034$ . Konstanta Langmuir dihitung dengan memasukkan ke persamaan sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m}$$

$$y = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{1}{q_m} x$$

Kemudian akan diperoleh nilai  $q_m$  seperti persamaan berikut :

$$\frac{1}{q_m} = 0,0071$$

$$q_m = 140,845 \text{ mg/g}$$

Setelah memperoleh nilai  $q_m$  seperti diatas, dapat dihitung konstanta isoterm langmuir ( $K_L$ ) seperti berikut :

$$\frac{1}{q_m K_L} = 17,034$$

$$\frac{1}{140,845 K_L} = 17,034$$

$$\frac{1}{K_L} = 2399,155$$

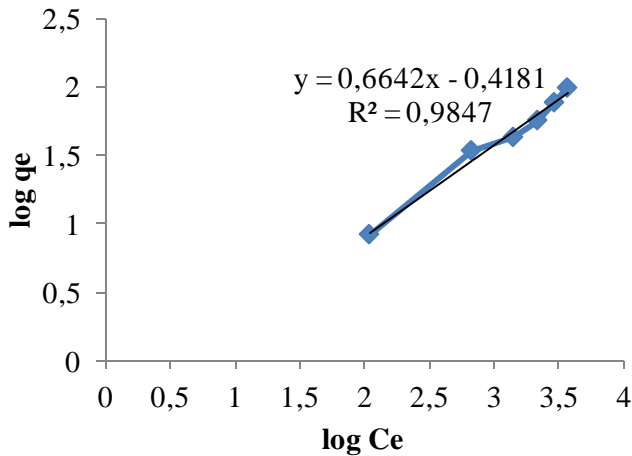
$$K_L = 0,000042 \text{ L/mg}$$

## G.2 Penentuan Adsorpsi Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich ditentukan dengan menghitung nilai  $\log C_e$  sebagai sumbu x dan  $\log q_e$  sebagai sumbu y. Data nilai  $q_e$  dan  $C_e$  yang terdapat pada Tabel G.1 dapat digunakan untuk menghitung nilai  $\log C_e$  dan  $\log q_e$ . Hasil perhitungan isoterm freundlich dapat dilihat pada Tabel G.2

Tabel G.2 Data Variasi Konsentrasi RBBR dan Hasil Penentuan Isoterm Freundlich

Ce (mg/L)	log Ce	qe (mg/g)	log qe
109,922	2,041	8,361	0,922
674,531	2,829	34,152	1,533
1424,062	3,153	42,797	1,631
2188,281	3,340	56,818	1,754
2951,250	3,470	76,607	1,884
3724,218	3,571	97,884	1,991



Gambar G.1 Grafik Isoterm Freundlich Pada Adsorpsi RBBR

Gambar G.1 menunjukkan grafik isoterm Freundlich dengan persamaan  $y = 0,6642x - 0,4181$ . Konstanta Freundlich dapat dihitung dengan memasukkan ke persamaan seperti berikut:

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log k_F$$

$$y = \frac{1}{n} x + \log k_F$$

Kemudian akan diperoleh nilai konstanta freundlich ( $k_F$ ) seperti berikut :

$$\log k_F = 0,4181$$

$$k_F = 2,619 \text{ (L/mg)}$$

Selain itu juga akan diperoleh nilai  $1/n$  seperti di bawah ini :

$$\frac{1}{n} = 0,6642$$

$$n = 1,506$$

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Asri Wajarwati Khair Wahyuningsih. Penulis yang dilahirkan di Jakarta, 29 Oktober 1994 ini merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Taman Indria (1999-2001), SDN 3 Balun Cepu (2001-2007), SMP Negeri 3 Cepu (2007-2010), dan SMA Negeri 1 Cepu (2010-2013). Penulis melanjutkan jenjang pendidikan S1 di Jurusan Kimia FMIPA melalui jalur SNMPTN

BIDIK MISI dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok (NRP) 141310041. Penulis merupakan santri aktif di Pondok Pesantren Mahasiswa Khoirul Huda Surabaya. Penulis pernah menjalani kerja praktik di PPSDM Migas Cepu Jawa Tengah pada bulan Agustus 2016. Selama kerja praktik, penulis ditempatkan di laboratorium Minyak Bumi. Penulis menyelesaikan program Sarjana dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Analit dibawah bimbingan Dra. Ita Ulfin, M.Si dan Suprpto, S.Si., M.Si., Ph.D. Penulis dapat dihubungi melalui [asrikim13@gmail.com](mailto:asrikim13@gmail.com).